nature

الطبعة العربية

الدوريـــة الشهـــرية العـالميـــة للعـــــلوم

بِنَــاء عُلماء القرن 21

لماذا أصبح تعليم العلوم أكثر أهمية من أي وقت مضى؟

صفحة 36

أمراض مُعْدِية

تجارب على الإيبولا

تطوير سريع لِلقَاح فعّال، يحدّ من انتشار الوباء في غرب أفريقيا.

صفحة 24

التنوع الحيوي

أوقِفوا إساءة استغلال التعويضات

تعويضات الإضرار بالتنوع الحيوي لا تنقذ البيئة

صفحة 42

علم المواد

انتقادات لمركبات لتخزين الطاقة

مكثفات بوليمرعازلة تخزِّن الطاقة أثناء الحرارةالعالية

صفحة 67

ARABICEDITION.NATURE.COM
سبتمبر 2015 / السنة الثالثة / العدد 36
ISSN 977-2314-55003

nature

سبتمبر 2015 / السنة الثالثة / العدد 36

فريق التحرير

رئيس التحرير: مجدي سعيد
نائب رئيس التحرير: كريم الدجوي
مدير التحرير والتدقيق اللغوي: محسن بيومي
محرر أول: نهى هندي
محرر علمي: شهاب طه، سُفانة الباهي
مدير الشئون الإدارية والمشروعات: ياسمين أمين
مساعد التحرير: رغدة سيد سعد
المدير الفني: محمد عاشور
مصمم جرافيك: عمرو رحمة
مستشار التحرير: أ.د. عبد العزيز بن محمد السويلم
مستشار الترجمة: أ. د. سلطان بن عبد العزيز المبارك
اشترك في هذا العدد: أبو الحجاج بشير، أحمد بركات، أنس سعد الدين، حاتم النجدي، حسين ثابت، زينة المحايري، سائر بصمة جي، سارة عبد الناصر، سعيد يس، صديق عمر، طارق راشد، طارق قابيل، ريهام الخولي، عائشة هيب، علا صيام، علياء أبو كيوان، فكرات محمود، لمياء نائل، لينا الشهابي، محمد حجاج، محمد منصور، نسيبة داود، نهال وفيق، نهلة عثمان، هبة آدم، هبة الغايش، هشام سليمان، هويدا عماد، وسيم عبد الحليم، وليد خطاب.

مسؤولو النشر

المدير العام: ستيفن إينشكوم
المدير العام الإقليمي: ديفيد سوينبانكس
المدير المساعد لـ MSC: نيك كامبيل
مدير النشر: أماني شوقي

عرض الإعلانات، والرعاة الرسميون

مدير تطوير الأعمال: جون جيولياني
(J.Giuliani@nature.com)
الرعاة الرسميون: مدينة الملك عبد العزيز
للعلوم والتقنية KACST
http://www.kacst.edu.sa
العنوان البريدي:
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
ص. ب: 6086 - الرياض 11442
المملكة العربية السعودية



التسويق والاشتراكات

التسويق: عادل جهادي (a.jouhadi@nature.com)
Tel: +44207 418 5626
تمت الطباعة لدى باكستون برس المحدودة، ديربيشاير، المملكة المتحدة.

NATURE ARABIC EDITION [ONLINE]

http://arabicedition.nature.com

للاتصال بنا:

للتواصل مع المحررين: naturearabic@nature.com

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

تُنشَر مجلة "نِيتْشَر" - وترقيمها الدولي هو (5587-2314) - مِن قِبَل مجموعة نِيتْشَر للنشر (NPG)، التي تعتبَر قِسمًا من ماكميلان للنشر المحدودة، التي تأسَّست وفقًا لقوانين إنجلترا، وويلز (تحت رقم 00785998). ومكتب ويلز المسَجَّل يقع في طريق برونيل، هاوندميلز، باسينجستوك، إتش إيه إن تي إس، آر جي 21 6 إكس إس. وهي مُسَجَّلَة كصحيفة في مكتب البريد البريطاني. أمّا بخصوص الطلبات والاشتراكات، فيُرجَى الاتصال بمكتب دبي. وفيما يتعلق بمَنْح التفويض لعمل نُسخ مصوَّرَة للاستخدام الداخلي أو الشخصي، أو الاستخدام الداخلي أو الشخصي لعملاء محَدَّدين، فهذا الأمر يتعلق بموافقة "نِيتْشَر" للمكتبات، والكيانات الأخرى المسَجَّلَة من خلال مركز إجازة حقوق الطبع والنشر، ومقرّه في 222 روز وود درايف، دانفيرز، ماساشوسيتس 01923، الولايات المتحدة الأمريكية. والرقم الكودي لـ"نِيتْشَر" هو: 03/0836-0028، باتفاقية النشر رقم: 40032744. وتُنشَر الطبعة العربية من مجلة "نِيتْشَر" شهريًّا. والعلامة التجارية المُسَجَّلَة هي (ماكميلان للنشر المحدودة)، 2015. وجميع الحقوق محفوظة.

رسالة رئيس التحرير

بناء علماء القرن الواحد والعشرين

في هذا العدد، الذي تتم به الطبعة العربية عامها الثالث، نقدم مختارات من الملف الذي نُشر في عدد 16 يوليو من *Nature*، والذي حمل عنوان بناء علماء القرن الواحد والعشرين (إضافة إلى مختارات أخرى للأعداد من 9 يوليو إلى 6 أغسطس 2015)، حيث يتناول الملف قضية طرق تعلُّم العلوم، ولماذا أصبح من الضروري تغييرها.

ففي قسم التحقيقات، نقدم موضوعًا بعنوان "إطلاق القدرات المدفونة في العلماء الصغار"، يتناول الطرق الجديدة التي يجرّبها المعلمون في جميع أنحاء العالم؛ لتعليم باحثي المستقبل، بدءًا من مرحلة ما قبل المدرسة، حيث يتناول تجربة كل من: "بيت العلماء الصغار" في ألمانيا، وهو البرنامج الذي نما في أقل من عقد من الزمن؛ ليصل إلى نحو نصف الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين ثلاث وست سنوات هناك، بعد إطلاقه في عام 2006 من قِبَل مجموعة من كبار رجال الأعمال الألمان، الذين كانوا في حالة فزع من الأداء الباهت لبلادهم في امتحانات الطلاب الدولية. وهو البرنامج الذي تلقَّى دعمًا وتمويلًا من الحكومة الاتحادية في عام 2008. واليوم، تعمل أشكال مختلفة من هذا البرنامج أيضًا في أستراليا، والنمسا، وهولندا، والبرازيل، وتايلاند. وإضافة إلى ذلك.. يتناول التحقيق تجربة التعاون بين معهد هْوا تشونج (وهو مدرسة ثانوية للنخبة في سنغافورة)، تُقْبَل فيه الطلاب الأفضل أداء فقط، وأكاديمية العلوم في ولاية فرجينيا الأمريكية، وكذلك تجربة مدرسة سيمون لانجتون في كانتربوري بالمملكة المتحدة بالتعاون مع مصادم الهادرونات الكبير في سيرن، وتجربة جامعة ريتشموند بولاية فرجينيا في الدراسة متعددة التخصصات.

وفي قسم التعليقات، وتحت عنوان "يحتاج أساتذة العلوم إلى تدريب على مهارات القيادة" نتناول رؤية تشارلز لايسرسون، وتشاك ماكفيني لتشجيع روح الاكتشاف في أنه ينبغي على العلماء الذين يقودون الفرق البحثية، سواء أكانت كبيرة، أم صغيرة، أن يتعلموا كيفية التعامل مع مختلف الشخصيات، فـ"التعلم مسيرةٌ لا تنتهي أبدًا، وعلى الأساتذة دائمًا أن يحدِّثوا مهاراتهم الفنية، ويطوروها على مدار مسارهم المهني. ومع تقدُّمهم في مسارهم المهني، نجد قليلًا منهم يكبد نفسه عناء تخصيص بعض الوقت لتعلُّم كيف يصبح قائدًا فعَّالًا، بل ولا يحظى الكثير منهم بتلك الفرصة. ومن عواقب ذلك.. أن الفرق الأكاديمية تضيع الوقت في التعامل مع مسائل شخصية، وغير مفيدة، تعترض عملهم، كما يفقدون الحماس، ويتورطون في نزاعات غير ضرورية. وعندما لا يكون مسار العمل سلسًا، تكون التكلفة باهظة من الناحية المالية والإنتاجية، ومن ناحية الاحتفاظ بالمواهب.

أما في قسم (كتب وفنون)، وتحت عنوان "البناء المعرفي"، نقدم تقريرًا مطولًا، يحاول الإجابة على تساؤل، مفاده أنه: في ظل دعوة خبراء التعليم الحكوميين إلى تعليم الأطفال حديثي المشي القراءة والكتابة، ومع ازدياد التطبيقات البرمجية للأطفال، هل سنخسر التعليم القائم على استخدام المواد يدويًّا؟.. ثم يتناول التقرير كيف "يكافح العلماء المختصون بالأطفال، والباحثون اليافعون التوّاقون إلى إدراك العالَم في الهواء الطلق، ومن خلال اللعب الحُرّ".

أما في قسم (مهن علمية)، وتحت عنوان "كيف تصنع عالِمًا"، يقدم نخبة من قادة الفكر في العالم إجابة على السؤال التالي: ما أهم جوانب النقص في أسلوب إعداد العلماء؟ وقد تراوحت الإجابات ما بين العملية، والفلسفية: ما بين الإغراق في التحديد والتخصص، وعدم الاحتكاك بشكل كاف بالجوانب الأوسع نطاقًا خارج موضوعات التخصص، وما بين انحصار الجامعات في التخصصات العلمية التقليدية، وافتقارها إلى وضع برامج تعبِّر عن المجالات العلمية الجديدة والمتنامية، وما بين افتقار مفهوم الدراسات العليا إلى تعريف واضح للهدف منه، وما بين عدم قدرة العلماء الشباب من أصحاب الطموح في برامج الدكتوراة على تكوين صورة وافية عن شكل فرص العمل المتاحة أمامهم؛ مما يعرِّضهم للإحباط وثبط الهمم، وما بين الافتقار إلى جعل الطلاب والباحثين يركزون على التفاعل بشكل مُنتِج ومثمر مع الأشخاص الآخرين، وتعلُّم كيفية إدارة فريق عمل، والتعاون مع الآخرين، وما بين الحاجة إلى تعلم كيفية تحديد الموضوعات البحثية الجيدة. وأخيرًا.. ضرورة محو الفكرة التي تقول إن الحاصلين على الدكتوراة في مجالات العلوم، والتكنولوجيا، والهندسة، والرياضيات، سوف يكون هدفهم الحصول على وظائف في مجال البحث الأكاديمي فحسب. إنها مشكلات متنوعة، يفكر العلماء حاليًّا في كيفية تجاوزها.

رئيس التحرير
مجدى سعيد

المحتويات

سبتمبر 2015 / السنة الثالثة / العدد 36

هـذا الـشـهــر

افتتاحيات

رؤية كونية



أضواء على البحوث

ثلاثون يومًا

COVER ILLUSTRATION BY VASAVA

مهن علمية

لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية، تابع: arabicedition.nature.com/jobs

أخبـــار فى دائرة الضـوء

تحقيقات



على الغلاف

علمـــاء القـــرن الواحد والعشرين

عدد خاص عن طرق تعلُّم وتعليم العلوم والتكنولوجيا، والهندسة، والرياضيات، ولماذا أصبح من الضروري تغييرها.

صفحات 9، 36، 39، 48، 85

تعليقات



كتب وفنون

مراسلات

تأبين

مستقبليات



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

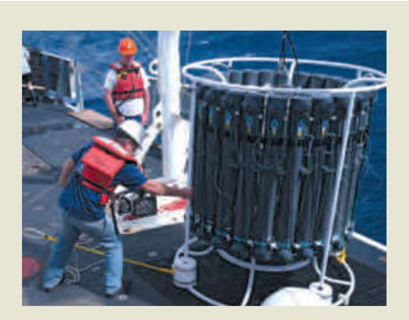

ANNOUNCING FOR 2016
nature microbiology
Nature Microbiology is interested in all aspects of microorganisms be it their evolution, physiology and cell biology, their interactions with each other, with a host, with an environment, or their societal significance.
Submit your research today

المحتويات

سبتمبر 2015 / السنة الثالثة / العدد 36

أبحـــاث

أنباء وآراء



كيمياء جيولوجية حيوية

رحلة الحديـــد من الأعمـاق السحيـــقة

العمود المائي الغني بالحديد، الصادر عن شق حراري مائي، يمتد بطول يزيد على 4,000 كم داخل المحيط. صفحة 66

ملخصات الأبحاث



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هــــذا الشــهـــــــر

افتتاحيات

رؤية عالمية درس من إندونيسيا عن خطأ استخدام الحكومات للبحث العلمي، لتحسين صورة الدولة **ص. 10**

علم البيئة السلوكي هياكل نباتات الإبريق تجتذب الخفافيش التي تجثم على النباتات، وتخصِّبها بفضلاتها **ص. 13**

الهندسة يمكن أن يمتد الأوريجامي المصمَّم لِقِطَع رقيقة من الورق، ليشمل بعض المواد الأكثر سُمْكًا **ص. 15**

إمكانية القضاء على وباء فيروس نقص المناعة البشرية

يجب التعامل بسرعة مع الأدلة المتزايدة على قدرة العلاج السريع بالعقاقير المضادة للفيروسات الرجعية على الحَدّ بقوة من انتقال فيروس نقص المناعة البشرية؛ للالتزام بالتاريخ المستهدَف للحَدّ من الوباء.

أكَّد العلماء لدى لقائهم في فانكوفر بكندا، لحضور الاجتماع السنوي "للجمعية الدولية لفيروس نقص المناعة البشرية"، في الفترة من 19 – 22 يوليو الماضي، على أن نهاية وباء نقص المناعة البشرية يمكن أن تلوح في الأفق، حيث أظهرت بيانات عديدة مُقْنِعة ـ حسب تأكيدهم ـ أن بداية استخدام العقار المضاد للفيروسات الرجعية على المستوى العالمي توفِّر وسيلة ناجعة لمنع انتقال الفيروس، شريطة أن يَتَّخِذ العالَم إجراءات سريعة.

يعود هذا التفاؤل إلى النجاح الواضح، الذي حققته منهجية "الوقاية بالعلاج"، حيث إن العلاج بالعقاقير المضادة للفيروسات الرجعية ـ بمجرد تشخيص الحالة ـ يبدو أنه لا يكتفي بمنع الموت والإعاقة الناتجَين عن المرض، ولكن يمنع أيضًا انتقال الفيروس. وقد استند "برنامج الأمم المتحدة المشترك المعنِيّ بفيروس نقص المناعة البشرية" UNAIDS إلى هذا التصور في عام 2014 في وضع الأهداف "90-90-90"، التي تسعى إلى تشخيص وعلاج 90% من الأشخاص المصابين بفيروس نقص المناعة البشرية بفاعلية؛ للقضاء على المرض بحلول عام 2030، باعتباره تهديدًا للصحة العامة.

قَدَّر الخبراء ـ في التقرير الصادر في يونيو الماضي عن لجنة برنامج الأمم المتحدة المشترك المعنِيّ بفيروس نقص المناعة البشرية "لانسيت" ـ أن هناك فرصة سانحة لمدة خمس سنوات، لتحقيق الأهداف "90-90-90"، أو صرف النظر عنها، (انظر: go.nature.com/ztqoj1). ويلاحِظ هؤلاء الخبراء تَراجُع أعداد الإصابات الجديدة، عامًا بعد عام، في ظل تلقِّي مزيد من الأشخاص علاجًا مضادًّا للفيروسات الرجعية، حيث إنه في عام 2013 بلغ عدد الأشخاص الذين يتلقُّون علاجًا مضادًّا للفيروسات الرجعية حوالي 13 مليون فردًا، وهو ما يمثل زيادة تقدَّر بحوالي عشرة أضعاف ما كان في العقد السابق. وإذا استمر هذا التوجُّه؛ فإن ذلك يعني القدرة على تجاوز الأهداف الإنمائية للألفية، التي تم وضعها في عام 2011، بغرض معالجة 15 مليون مريض بحلول نهاية عام 2015.

وهنا، يظهر سؤال مهم: هل سيستمر هذا التوجه؟ إنّ هناك 35 مليون شخص يعيشون بإصابتهم بفيروس نقص المناعة البشرية، وسيحتاجون جميعًا ـ في نهاية الأمر ـ إلى العلاج المضاد للفيروسات الرجعية، غير أن معدلات توفير العلاج بطيئة للغاية، حسبما تشير اللجنة. وتقدِّر اللجنة أنه في حالة توفير العلاج للمرضى الجدد، بالمعدلات الحالية نفسها، فإن النمو السكاني في دول جنوب أفريقيا سوف يشهد مجددًا ارتفاع أعداد الإصابات الجديدة وحالات الوفاة السنوية الناتجة عن الإصابة بفيروس نقص المناعة البشرية بحلول عام 2020. أما إذا سارعت الدول إلى توفير العلاج على مدى السنوات الخمس القادمة؛ فإن هدف القضاء على الوباء بحلول عام 2030 سيصبح قابلًا للتحقُّق، حسبما تؤكد اللجنة، إلا أن بلوغ ذلك سوف يحتاج إلى استثمارات مالية ضخمة، تبلغ 36 مليار دولار سنويًّا، مقارنةً بالاستثمارات الحالية، التي تبلغ 19 مليار دولار سنويًّا فحسب، وهو ما يمثل 2.1% من إجمالي الناتج المحلي لبعض الدول المتضررة. وإقناع هذه الدول بالوصول إلى هذا المستوى من الاستثمارات في عصر التقشف سيكون أمرًا بالغ الصعوبة، لكن من خلال نمذجة المكاسب الاقتصادية؛ للحفاظ على صحة الأفراد؛ وجَعْلهم أعضاء منتجين في مجتمعاتهم، تقدِّر اللجنة أن الدول التي تعاني من الأعباء الضخمة لانتشار فيروس نقص المناعة البشرية سوف تستفيد من زيادة الإنفاق على مكافحة هذا الوباء.

وقد أشار تحقيق إخباري نشرته دورية *Nature* إلى أن العلماء يُجْرُون بدورهم أبحاثًا في "العلوم التطبيقية"، لتوضيح السبل المثلى لتوفير العلاج. وقد أصاب الباحثون في تسليط الضوء على النتائج التي تدعم بشكل قاطع زيادة الاستثمار؛ كوسيلة للحفاظ على الصحة، واحتواء الوباء، عن طريق وقْف انتقال الفيروس. وقد شهد عام 2011 ظهور الدليل الأول والأساسي، الذي يدعم منهجية الوقاية بالعلاج. فقد اكتشفت دراسة بعنوان (HPTN 052) أن تقديم العلاج للشريك المصاب من الزوجين فور التشخيص يقلل من خطر نقل الفيروس منه إلى الشريك غير المصاب بنسبة 96%، بغض النظر عما إذا كان عدد خلايا الدم الخاصة بالزوج أو الزوجة قد كشف عن أرقام منخفضة من خلايا "كتلة التمايز-4" (CD4)، التي تنتمي إلى الخلايا التائية، والتي تمثِّل العلامةَ المعتادة على تفاقم المرض، والإشارةً إلى العلاج المضاد للفيروسات الرجعية.

> **"إنّ هذا العلاج فعّال في تحسين الصحة الفردية والعامة، إضافةً إلى كونه مناسبًا للميزانية المخصصة للصحة العامة".**

لقد كانت هناك إجابات قاطعة ـ على نطاق واسع ـ لبعض الأسئلة المفتوحة المتعلقة بالسياق نفسه، مثل التساؤل عن نجاح هذه المنهجية في أماكن أخرى، حيث إنه في فبراير 2015، أفادت تجربة "تيمبرانو" TEMPRANO ـ التي أُجريت على أكثر من خمسة آلاف شخص في كوت ديفوار ـ أن بدء العلاج المضاد للفيروسات الرجعية في الحال يقلل من مخاطر الوفاة والإصابة بأمراض خطيرة، مثل مرض السل، والالتهابات البكتيرية، بنسبة 44%. وفي شهر مايو من العام نفسه، توقفت مبكرًا تجربة "ستارت"، التي شملت 4,685 شخصًا من 35 دولة، بعد أن أفادت أن العلاج الفوري قد قلل من مخاطر الإصابة بأمراض خطيرة، أو الوفاة بنسبة 53%. وقد حظي هذا التوجه بانتشار واسع في الدول ذات الدخول المنخفضة، والمتوسطة، والمرتفعة.

وبناءً على هذه النتائج، وغيرها، تبحث منظمة الصحة العالمية مراجعة مبادئها التوجيهية؛ للتوصية بتوفير العلاج المضاد للفيروسات الرجعية بصورة فورية لجميع الأشخاص المصابين بفيروس نقص المناعة، دون تمييز. ويمكن تعزيز الدليل على حدوث هذا التحول في اجتماع الجمعية الدولية للإيدز، حيث ستقدم تجربة (HPTN 052) معلومات بشأن استمرار معدلات التراجع العالية في انتقال الفيروس على المدى الطويل من عدمها، كما ستقدم تجربة "ستارت" نتائجها الكاملة (نتائج شهر مايو كانت أولية).

وإجمالًا، تؤكد الأدلة على أن العالَم الآن يمتلك الأدوات اللازمة، للقضاء على تهديد فيروس نقص المناعة البشرية. كما يؤكد جوليو مونتانر، الأستاذ بجامعة كولومبيا البريطانية في فانكوفر، والرئيس المشارك للمؤتمر: "إنّ هذا العلاج فعال في تحسين الصحة الفردية والعامة، إضافةً إلى كونه مناسبًا للميزانية المخصصة للصحة العامة. وبهذا.. فهو لا يترك لصانعي السياسات مفرًّا من عدم الاعتماد عليه". ■

إعداد المَزارع للمستقبَل

يجب على العلماء العمل مع المزارعين بشكل وثيق، لضمان قدرة الزراعة على مقاومة الآثار المدمِّرة للتغير المناخي.

تجاهلوا المتشككين في التغيُّر المناخي، الذين يقيمون فَزّاعة الاحتياج إلى "علوم مستقرة"، ثم يحرقونها بالكامل. فالغموض هو "اللازمة" المعترَف بها في سيمفونية التغير المناخي، حيث

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تبقى هناك دائمًا وأبدًا حالة من عدم اليقين محيطة بكل توقعات التغيرات المستقبلية، مرورًا بالعواصف، حتى ارتفاع مستوى سطح البحر، بغض النظر عن مدى التطورات (والتأثيرات المناخية) التي يمكن أن تصل إليها نماذجنا المناخية. وفي هذا الإطار، يمثل مستقبَل الزراعة العالمية إحدى القضايا المُلِحَّة في ظل ارتفاع درجات الحرارة العالمية، مما يحتِّم على المزارعين التهيؤ والتكيف؛ لمواجهة مناخ متغير، ينتج عنه ـ على الأرجح ـ مزيد من الأمطار غير المنتظمة، ودرجات الحرارة المتطرفة، والجفاف، وتآكل التربة الزراعية، والأعشاب الغازيّة، والآفات الدائمة. وتمتلك العلوم الكثير مما يمكن أن تقدمه إلى هذه الجهود، مع مراعاة هامش الخطأ، لكن يجب على علماء المناخ، والباحثين الزراعيين، والمزارعين، والمسؤولين الحكوميين العمل معًا بشكل وثيق؛ حتى يتسنى لعملية التكيف أن تنجح.

يأتي تأمُّل الموجة الحارة القياسية التي ضربت أوروبا في عام 2003، وتسببت في خسائر تزيد على 13 مليار يورو (14 مليار دولار) في قطاعي الزراعة والغابات، بمثابة تذكير بمدى حساسية الزراعة تجاه المناخ المتطرف. كما تسببت موجات الجفاف ـ التي امتدت لفترات طويلة ـ وغيرها من أشكال التطرف المناخي في خسائر اجتماعية مباشرة أكثر فداحة، تمثلت في اتساع رقعة المجاعات، وانتشار الاضطرابات العنيفة في الأجزاء الأقل تقدمًا في العالم.

وفي هذا السياق، يمكن أن تقدم خدمات المناخ الموثوقة ـ كتلك التي يتم تأسيسها في جميع أنحاء العالم برعاية المنظمة العالمية للأرصاد الجوية ـ توقعات موسمية مبكرة وقيِّمة عن حالة الجو للمزارعين والحكومات. كما يجب أن تتطور دقة هذه الخدمات، والمساحة التي تغطيها، لمواجهة الأزمة المناخية القادمة، لكنّ صناعة القرار الاستراتيجي ـ التي سيفرضها التغير المناخي بصورة متزايدة على القطاع الزراعي ـ تتطلب توقعات ترمي إلى أبعد من ذلك. كما أن التغير المناخي لا يمثل النتيجة غير المؤكدة الوحيدة، التي يجب أن يتعامل معها المزارعون في ثنايا إعدادهم للمستقبَل؛ إذ لا تقل أهمية تأثير التجارة والتكنولوجيا والتغيرات الاجتماعية والاقتصادية على الزراعة عن أهمية تأثير التغيرات التي تطرأ على سقوط الأمطار، ودرجات الحرارة.

من جهتهم، يُعتبَر المزارعون قابلين للتكيف بطبيعتهم؛ فقد قاموا بتعديل وتغيير ممارساتهم منذ أنْ بدأ الإنسان ممارسة الزراعة على وجه الأرض. ويتمتع أغلبهم اليوم بحاسة قوية تجاه أفضل ما يمكن أن ينجح في حقولهم، لكن تغيُّر المناخ ربما يتطلب إجراءات صارمة، وتدابير جذرية تتجاوز قدرة المزارعين كأفراد، بدءًا من برامج الري المكلفة، إلى تحوُّل نظم الزراعة. هذه الإجراءات ربما لا تحقق من خلال النمو الاقتصادي وحده، كما أن الاحتياجات المحددة وخيارات التكيف ستتباين بشكل جوهري من منطقة إلى أخرى ـ أو ربما من قرية إلى أخرى ـ حسب أنواع المزارع، ونوع الأراضي الزراعية، والمناخ المحلي، والتضاريس؛ حيث توجد طرق مختلفة عديدة، يمكن من خلالها أن تتكيف الزراعة مع التغير المناخي، بقدر ما توجد أنواع مختلفة من الزراعة. وفي هذا الإطار، يمكن أن تقدم نماذج التصورات المتباينة ـ المتعلقة بالمحاصيل والمناخ والاقتصاد ـ بعض العون، ولكن لحدود معينة. كما أن الزراعة قد بادرت بتطبيق العلوم في مرحلة مبكرة؛ لتوجيه وإرشاد عمليات التكيف، إلا أن هذا التوظيف للعلوم لا يعتمد على مقاييس النماذج، ومهارت واضعيها فحسب، بل تأتي الثقة والبداهة والتعاطف الثقافي على الدرجة نفسها من الأهمية.

"يجب على علم التكيف مع التغيُّر المناخي إشراك الأشخاص الذين من المفترَض أنه يقدم إليهم خدماته، والإصغاء إليهم".

من ناحية أخرى، يمثل إنتاج أنواع من المحاصيل المحسَّنة في المختبَر شيئًا مختلفًا تمامًا عن إقناع المزارعين باعتماد الزراعة المحافِظة، أو التحول إلى أنظمة الزراعة شبه القاحلة، أو عمل أي شيء آخر لا يأتي بفائدة مباشرة وملموسة. لذا.. فمن أجل التوصل إلى نتائج "قابلة للتطبيق"، يجب على علم التكيف مع التغير المناخي إشراك الأشخاص الذين من المفترَض أنه يقدم إليهم خدماته، والإصغاء إليهم. ويعي باحثو التكيف جيدًا التحدي الذي يتعلق بهذا الاتصال. كما تجري متابعة البرامج التي تقودها العلوم، مثل "نمذجة الزراعة الأوروبية مع التغير المناخي؛ من أجل الأمن الغذائي"، و"مشروع مقارنة وتطوير النموذج الزراعي" AgMIP، بالتشاور الوثيق مع الخبراء المحليين والمجتمعات الزراعية. وتمثل هذه البرامج خطوة قيِّمة، تتجاوز التوقعات الأكاديمية الجامدة بشأن التأثيرات المناخية، مثل التغيرات في العائد العالمي للمحاصيل التي تفتقر إلى الدقة الإقليمية.

تعاني الدراسات الإقليمية في هذا الإطار من حالة من عدم اليقين ـ لا مفر منها ـ بشأن حجم ومظاهر تغيُّر المناخ، وربما تعاني أكثر بشأن مسار التطور الاجتماعي، والاقتصادي، والتكنولوجي، إلا أن دراسات الحالة الإقليمية التي تم صياغتها بعناية، وتستند إلى بيانات من مصادر محلية، قادرة على تقديم تصوُّرات مستقبلية وجيهة ومنطقية، يمكن للمخططين المحليين ـ من خلالها ـ صياغة مجموعة من خيارات التكيف الملائمة. كما يهدف برنامج "مشروع مقارنة وتطوير النموذج الزراعي" إلى إنتاج بروتوكول معياري تجريبي، لدراسة التأثيرات المناخية على الزراعة، سوف يساعد جهود التكيف بأكثر من ذلك. ويجب على البرنامج ـ في حالة نجاحه ـ ترسيخ بحوث التكيف بالطريقة نفسها التي حسَّنت بها مقارنات النماذج درجة التناسق والتناغم بين علوم المناخ الطبيعية. قد يكون المستقبل غامضًا، لكنْ لا ينبغي أن تكون هذه حجة لعدم التخطيط له. ■

المحاولة، والانتصار

أثبت نجاح تجربة إنتاج عقار لفيروس الإيبولا أنه بالإمكان إجراء تجارب إكلينيكية في ظل الظروف المعقدة لانتشار وباء، إذا ما توافرت الإرادة السياسية والتنظيمية.

شَهِدَ الأسبوع الأول من أغسطس الماضي حدثًا مهمًّا في المعركة ضد فيروس الإيبولا، حيث سجلت التجربة الإكلينيكية التي أُجريت في غينيا لإنتاج عقار ضد الفيروس نتائجَ واعدة. إنها أخبار رائعة، حتى إنّ أكثر خبراء الأمراض توخيًا للحذر مستبشرون بهذه الأخبار، ويرون فيها عبورًا لإحدى مراحل الخطر.

وقد فحصَتْ دورية *Nature* ـ في عددها الصادر في أغسطس الماضي ـ العقار عن كثب، من خلال مجموعة خاصة من المقالات، كما تناولت ـ على نطاق واسع ـ مستقبل إمكانيات التحكم في التهديدات الوبائية، فالأمر لا يقتصر على أخبار جيدة فحسب، وإنما ستكون هناك عثرات، ولكن على الأقل يمكن لهؤلاء الذين يقدِّرون دور الأبحاث في النهوض برفاهية الإنسان، وهؤلاء الذين يناضلون من أجل اعتراف صناع السياسة بهذا الدور، أنْ يفخروا بما أنجزوه حتى الآن.

لمزيد من التوضيح.. علينا أن نُقِرّ بما لا يدع مجالًا للشك أن إجراء تجربة فعالة لإنتاج لقاح أو دواء أثناء انتشار وباء هو أمر صعب، حيث إنه في الماضي كان يؤدي تأخُّر حصول التجارب على موافقة الجهات التنظيمية اللازمة لإجرائها إلى تفشي الوباء فعليًّا، حتى قبل البدء في التجربة، ومن ثم لم يكن ممكنًا اختبار الأدوية واللقاحات اللازمة لعلاج موجات انتشار الوباء المستقبلية.

إنّ إجراء تجربة إكلينيكية فعالة في مثل هذه الظروف الميدانية الشاقة الموجودة بالمنطقة الموبوءة يُعَدّ إنجازًا عظيمًا. وعلى الرغم من كل هذه الصعاب، لم ينجح فريق الباحثين العالمي في ذلك فحسب، بل أثبتوا أن جرعة واحدة من اللقاح تتمتع بفعالية 100%، حيث لم يتطور فيروس الإيبولا في أي من الأشخاص الذين حُقنوا باللقاح في بداية التجربة لمدة 10 أيام بعد حقنهم (A. M. Henao-Restrepo *et al*. *Lancet* http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)61117-5; 2015).

جدير بالذكر أن اختبار مثل هذا اللقاح إكلينيكيًّا ـ وهو ما يستغرق سنوات عادةً ـ في مثل هذه المدة القصيرة، بدون المرافق التي توفرها المستشفيات البحثية المتطورة، من شأنه أن يعيد كتابة قواعد إجراء التجارب الخاصة بأدوية الأمراض المعدية. فقد دفع خطر الإيبولا المحدق كلًّا من اتحادات العلماء الدولية، والهيئات التنظيمية، وشركات الأدوية، والمنظمات غير الربحية، ومنظمة الصحة العالمية ـ التي كان لها فضل ودور رائد في هذا العمل ـ إلى التعاون معًا بسرعة غير مسبوقة؛ لاختبار اللقاحات، والأدوية، وتجريبها ميدانيًّا.

نَشْر هذا اللقاح وتداوله بين الناس سيوفر البيانات اللازمة لإثبات فعاليته، بينما يمكن أن يؤدي تطعيم أُسَر وأصدقاء المصابين، وعمال الصحة، وغيرهم ممن لديه اتصال مباشر بالمصابين بالمرض إلى القضاء على تفشِّي وباء الإيبولا، حيث انتُهِجَت هذه الاستراتيجية نفسها في السبعينات من القرن الماضي؛ للقضاء على الجديري. وهو ما يعني أنه يمكن ـ من حيث المبدأ ـ نشر هذا اللقاح على الفور؛ للمساعدة في القضاء على وباء الإيبولا في غرب أفريقيا. وكما يقول العنوان الفرنسي لهذه التجربة "*Ebola, ça suffit!*"، أو "أيها الإيبولا، كفى"، فقد آن الأوان لإتمام هذه المهمة.

بيد أن هذه المهمة ستبقى مستمرة، لأنه حتى وإنْ اختفت الإيبولا من العناوين الرئيسة، فهي أبعد ما يكون عن أن تنتهي تمامًا، حيث إنه بعد بداية هذا الوباء منذ 18 شهرًا، استمر في إصابة 20-30 حالة أسبوعيًّا، ومن ثم فمن الممكن أن يندلع في أي وقت، أو أن ينتشر في دول أخرى في المنطقة، لم يدخلها بعد، مما يعود بنا إلى نقطة البداية. وبالرغم من أن اللقاحات ستحتاج إلى التطوير؛ لتعمل ضد السلالات الأربع الأخرى من فيروس الإيبولا، فإن فعالية هذا اللقاح ضد سلالات زائير ـ إذا ثبتت ـ ستعني أن وباء الإيبولا لن ينتشر ثانية أبدًا في غرب أفريقيا على النطاق نفسه. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مخاطر واقعية

إن الإعلان عن احتمال حدوث تفشٍّ لمرض ما أمرٌ يتم إهماله عادةً، وهذا ما يجب تغييره.

لقد تمت السيطرة بكفاءة على تفشّي "متلازمة الشرق الأوسط التنفسية" MERS في مستشفيات كوريا الجنوبية، ولا توجد حالات جديدة منذ 2 يوليو الماضي. ومنذ أن بدأ التفشي في 11 مايو الماضي، بلغ إجمالي عدد المصابين بعدوى فيروس كورونا 186 شخصًا فقط، توفي منهم 36. لقد كانت صفحة مأساوية، لكن تأثيرها الاقتصادي والاجتماعي لم يكن متكافئًا مع حجمها الواقعي. وإذا كان على العالم أن يستجيب بطريقة فعالة لتفشي الأمراض المعدية، فإن على السلطات، والجهات الإعلامية، والمجتمعات أن تولي اهتمامًا أكبر للإعلان عن المخاطر.

كان أكثر مَن تعرَّض لخطر العدوى الحقيقي في كوريا الجنوبية هم هؤلاء الذين وُجِدوا في المكان نفسه مع أحد المصابين بالمتلازمة التنفسية داخل مستشفى. وأثناء ذروة تفشّي المرض في أوائل يونيو الماضي، تم إغلاق آلاف المدارس بلا داعٍ، وإلغاء مناسبات عامة. وأدَّى هذا إلى انخفاض عدد السائحين بنسبة 41%، مقارنةً بالشهر نفسه من العام الماضي، وهي خسارة تقدَّر بـ10 مليارات دولار أمريكي، ومن المتوقع أن تؤدي إلى انخفاض إجمالي نمو الناتج المحلي هذا العام بنسبة 0.1%. أمّا الرابحون الوحيدون مما حدث، فهم بائعو كمامات الوجه، حيث انتشرت في كل مكان بطريقة مفرطة.

إن السؤال المهم الذي يفرض نفسه الآن ـ وكذلك الدرس الذي يجب تعلُّمه ـ هو كيف أخفقت السلطات في التعريف بصغر حجم التهديد الناتج عن المتلازمة التنفسية، وفي الوقت ذاته إقناع الإعلام والجمهور بأن تفشي المرض أصبح تحت السيطرة؟ حيث إن ثقة الجمهور في المسؤولين الكوريين كانت أصلًا متدنية، بعد استجابتهم السيئة إزاء حادث غرق عبارة "إم في سيول" *MV Sewol* العام الماضي، الذي راح ضحيته أكثر من 300 شخص، أغلبهم من طلبة المدارس الثانوية. فعندما ضربت المتلازمة التنفسية البلاد، رفضت السلطات ـ بطريقة تتسم بالغباء ـ أن تحدد المستشفيات المتأثرة بالمرض بشكل مُعلن؛ مما أدى بالشائعات ـ التي ضخَّمتها شبكات التواصل الاجتماعي ـ إلى أن تملأ فراغ المعلومات. ولم تدم تلك البداية المترنحة، حيث قامت الحكومة بالتصرف سريعًا، ووحَّدت عملها. فقد كانت الشفافية التي اتبعتها في الإبلاغ عن الحالات الجديدة مثالًا يُحتذى به، وكذلك استجابة سلطات الصحة العامة متمثلة في مهمتها الضخمة لتتبُّع وعزل أكثر من 16,500 شخص، كانوا مخالطين لمرضى لديهم عدوى. وقد تم رفع العزل عن آخِر هؤلاء المخالطين في الأسبوع الأخير من يوليو الماضي.

إن تفشي الأمراض حدث مخيف، ورَدّ الفعل المُبالَغ فيه تجاه فيروس قد يسبب الوفاة هو رد فعل إنساني مفهوم. ويجب تفهُّم رد الفعل هذا، وإدارته، وليس تجاهله واعتباره أمرًا غير عقلاني. وهذا يضع مسؤولية كبيرة على كاهل الصحافة والسياسيين، لكننا في الغالب نرى كيف أن بعضهم ليس على مستوى المسؤولية. فعندما ظهرت حالات قليلة من مرض الإيبولا على الأراضي الأمريكية في العام الماضي، أشعلت ما وصفه الرئيس باراك أوباما بـ"الهستيريا"، حيث كانت هناك تقارير إعلامية عديدة متوازنة وممتازة، إلا أن غالبيتها كانت متطرفة ومثيرة للمشاعر. ومما زاد من تعقيد الأمور، هو أن الانتهازيين من الجناح اليميني السياسي، وكذلك المتخصصين قد استغلوا حالات الإيبولا؛ لإطلاق قذائف حزبية على إدارة أوباما. ومع اقتران ذلك بنشرات الأخبار على مدار الساعة، وبمُبالغات وسائل التواصل الاجتماعي، كما ذكرنا، فإن التغطية الإعلامية لما كان يُعَدّ خبرًا مشروعًا قد أضحت فوضى مؤسفة، وعارية من الحقيقة بالكامل، فالحقيقة هي أن الولايات المتحدة لم تواجه أي تهديد وبائي بسبب مرض الإيبولا.

كانت لهذا الوضع توابع حقيقية، فكثير من السياسيين، ومنهم كريس كريستي حاكم ولاية نيوجيرسي، قاموا بتطبيق إجراءات غير ضرورية وغير مجدية، مثل الحجْر الصحي الإجباري على العاملين بقطاع الصحة الأمريكي، العائدين من غرب أفريقيا. أما المرشح الجمهوري المحتمَل للرئاسة، دونالد ترامب، فقد أبدى فهمًا مزعجًا للموضوع، حيث دعا إلى إغلاق الحدود الأمريكية أمام العائدين من المنطقة الموبوءة، بما فيهم العاملين في قطاع الصحة. وإذا كان هذا هو رد الفعل الأمريكي إزاء مرض لا يمثل تهديدًا، فماذا عساه أن يكون رد الفعل في حالة وجود تهديد وبائي خطير؟! يعتقد بعض المسؤولين الرسميين في مجال التعامل مع تفشي الأمراض أن الميل إلى إصدار أخبار لحظية بمساعدة شبكات التواصل الاجتماعي يمكن أن يَحُول دون التدخلات المؤثرة لقطاع الصحة العامة تجاه الوضع، وقد يؤدي إلى فوضى مجتمعية.

إن ردود الأفعال المُبالَغ فيها تجاه تفشي الأمراض التي لا تمثل تهديدًا كبيرًا قد تشتت الناس عن تفشي الأمراض التي تشكل تهديدًا حقيقيًّا. والأولوية هنا في أن يتم القضاء على التهديد من المنبع، فالقضاء على الإيبولا يجب أن يتم في غرب أفريقيا. أما المتلازمة التنفسية، فيجب الحَدّ من انتشارها في الشرق الأوسط، حيث إنها متوطنة في الجِمال. وعلى الباحثين تحديد الطرق التي ينتشر عن طريقها فيروس المتلازمة التنفسية بين الناس، ثم القضاء عليه. وبإمكان الباحثين في علم الاجتماع الإسهام في كشف النقاب عن العوامل المعقدة التي تؤثر في ردود أفعال الجمهور تجاه تفشي الأمراض، وكيف يمكن للسلطات بناء جسر ثقة، تتمكن عن طريقه من الإعلان عن المخاطر بطريقة أفضل. ويمكن أيضًا للباحثين أن يتساءلوا عن كيفية تمكُّن الدول الأوروبية من إظهار ردود أفعال هادئة ومتزنة عند دخول حالات المتلازمة التنفسية والإيبولا إلى أراضيها. ■

معضلة التعليم

عدد خاص، يتناول قضية طرق تعلُّم العلوم، ولماذا أصبح من الضروري تغييرها.

يُعتبر التعليم إحدى القضايا التي يحب الناس النِّقاش حولها، فبمجرد فتح أبواب النقاش حول الطرق «المثلى» لتربية الأبناء، تكون الدراسة هي الخيار الأمثل. وبالنسبة إلى الكثيرين ممن خاضوا غمار التجارب الشخصية الخاصة بطرق التعليم المنبثقة من عادات سادت لقرون عديدة، تكون الإجابة بديهية، فالعنصران الأساسيان (المنهج الدراسي، والمعلم) هما اللذان تُحَدَّد بهما المحتويات التي يجب أن تدرس، معتبرين أن الطلاب يجب عليهم التدرب والمذاكرة؛ للحصول على الدرجة العلمية المنشودة، بينما يجب على القائمين على العملية التعليمية عقد امتحانات دورية؛ لاكتشاف مدى قدرة الطالب على التحصيل.

أما الآن، وبعد عقود من الدراسات الخاصة بعلوم التعليم، ثبت عدم فاعلية تلك الوسائل بمفردها. فعلى سبيل المثال.. في المناهج الجامعية، يستطيع الطالب الحصول على درجات جيدة، عن طريق مجرد الاستماع بشكل سلبي لمحاضرات المعلم، ثم استذكار الدروس على عجالة، للتقدم للامتحانات. وعلى الرغم من حصوله على تلك الدرجات، إلا أن المعارف التي حصّلها الطلاب في معظم الأحيان تتلاشى سريعًا، بل ولا يمكن لتلك المناهج إزاحة المفاهيم المغلوطة التي رسخت في عقل الطالب قبل التحاقه بالجامعة.

فالمتأمل للفكرة الشائعة «الخاطئة» التي تقول إن درجات الحرارة على كوكب الأرض تقل في الشتاء بسبب بُعْده عن الشمس، يستطيع أن يرى أن المحاضرات التقليدية تأمل في تغيير تلك الفكرة، عن طريق وضع معلومة في الذاكرة، مفادها أن تغيُّر الفصول ناجم عن إمالة محور الأرض، بسبب دورانها. ورغم ذلك.. فالمئات من الدراسات التجريبية تشير إلى أن السماح لعقول الطلاب باستنتاج هذه الحقيقة سيكون أفضل مع خلق تحدٍّ للفكرة الخاطئة في عقولهم، فمثلًا يمكن سؤالهم عن سبب تعارض فصول السنة بين نصفي الكرة الأرضية في الوقت ذاته. وحتى لو أجاب الطلاب في البداية بشكل خاطئ، فالوصول إلى تلك الإجابة يستدعي التفكير في العوامل المؤثرة، وهو الأمر الذي سيبني لديهم قاعدة معرفية تعطي للإجابة معنى.

في هذا الموضوع، الذي تعاونَت فيه دورية *Nature* مع مجلة "ساينتيفيك أميريكان"، سنلقي نظرة أكثر قربًا على الطرق التي يحاول المعلمون على مستوى العالم تنفيذها، مثل طريقة «التعلم النشط». فالعائد المحتمل ضخم، سواء أكان الهدف هو زيادة عدد الطلاب الواعدين الذين حصلوا على درجاتهم العلمية في تخصصات العلوم، والتكنولوجيا، والهندسة، والرياضيات، بالمقارنة بنظرائهم الذين يحفظون المناهج عن ظهر قلب، أم كان ذلك العائد عبر تعزيز فكرة التجريب والتفكير، كأساس للحصول على الأدلة لطلاب المستويات الأولى.

إنّ تنفيذ ذلك التغيير لن يكون بسيطًا، فالكثير من الأكاديميين سيسألون عن ماهية ضرورة إجراء تغيير مثل هذا، فالتعليم المعتمِد على إلقاء المحاضرات نجح طيلة عقود، وتقريبًا معظم المحاضرين في الجامعات اليوم ترعرعوا على وسائل التعلم التقليدية، لكن هذا التغيير ضروري، فالنظم التقليدية لم تنجح مع الكثير من الطلاب، حيث إننا نعيش في عصر يُعْمِل فيه معظمنا العقل والتفكير، عوضًا عن اليد والقوة، فلا يمكن لعالمنا أن يدعم أنظمة التعليم التقليدية الفقيرة، التي تسمح لقلة فحسب بتحقيق أهدافهم. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:
go.nature.com/nqvdkp

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



لا تشوِّهوا السياسات باسم الفخر الوطني

تستعرض **داينا روكميانينجسيه** درسًا من إندونيسيا عن الأخطاء التي يمكن أن تقع، إذا استخدمت الحكومات البحث العلمي لتحسين صورة الدولة.

على مدى زمن طويل، سَعَت الدول إلى زيادة تمويل الإنجازات العلمية، عن طريق الاحتفاء بها كمصدر فخر وطني. وبدايةً من رعاية الدولة للبعثات الاستكشافية للمنطقة القطبية، قبل قرن من الزمان، وصولًا إلى التصريحات التي صدرت في وقت مبكر من هذا العام عن الحكومة الإيرانية، التي تنص على أن الغرض من تطوير برنامجها النووي يكمن في اكتساب مكانة عالمية؛ يدرك السياسيون التأثير القوي والشعبي للنجاح في البحوث العلمية. ففي استفتاء أُجري في عام 2002 ـ على سبيل المثال ـ أقَرَّ عدد كبير من الأمريكيين بأنهم "فخورون للغاية" بالإنجازات التي حققتها بلادهم في مجالي العلوم، والتكنولوجيا، أكثر من أي مجال آخر، مثل الرياضة، والاقتصاد، والفنون، والآداب. وفي عام 2013، خصصت هيئة الإذاعة البريطانية "بي بي سي" سلسلة من الأفلام الوثائقية التليفزيونية حول "معجزة العلوم البريطانية".

وبناءً على ذلك.. تجد الحكومة ـ في دولة نامية مثل إندونيسيا ـ أن التقدم في العلوم والتكنولوجيا يمثل وسيلة ملائمة لتشجيع الشعب على الشعور بالرضا عن دولتهم، والمكانة التي تحظى بها بين دول العالم، لكنْ يبقى السؤال: ماذا يحدث عندما تتولى النزعة الوطنية توجيه العلوم، بدلًا من مجرد الاحتفاء بها؟ تؤكد النتائج القادمة من إندونيسيا إمكانية اختلال ميزان الأولويات، وتجاهل التقييمات العلمية الراسخة، وهو ما يمثل درسًا بالغ الأهمية لجميع الدول.

شهدت إندونيسيا في السنوات الأخيرة تطورًا سريعًا في مجالي العلوم، والتكنولوجيا، بمساعدة الدبلوماسية العلمية الأمريكية في العالم الإسلامي. ففي شهر مايو الماضي، أسست الأكاديمية الإندونيسية للعلوم ـ بدعم من الولايات المتحدة ـ صندوقًا لتقديم المِنَح إلى شباب الباحثين. كما أطلقت الأكاديمية أيضًا ـ بالتعاون مع أستراليا ـ سلسلة من التحديات لتناولها من قِبَل العلماء الإندونيسيين، متضمِّنةً التخفيف من آثار الكوارث، وتعزيز قدرة المجتمع على المواجهة.

يتسم هذا الدعم الدولي للعلوم الذي تحظى به إندونيسيا بالاستقرار والثبات؛ حيث تجاوزت المشارَكة مع أستراليا ـ على سبيل المثال ـ الخلاف السياسي الذي وقع بين البلدين في شهر إبريل الماضي، من جراء إقدام إندونيسيا على إعدام مهربي مخدرات أستراليين. ورغم أن العلم ليس له حدود، تمثِّل البحوث العلمية الراسخة والمبتكرة ـ في دولة مثل إندونيسيا ـ قاعدة حيوية يمكن الارتكاز عليها؛ لبناء التنمية الاقتصادية. ويبدو أن العلماء الإندونيسيين قادرون على تحقيق ذلك؛ حيث تَصْدُر غالبية طلبات براءات الاختراع في إندونيسيا ـ على سبيل المثال ـ عن العلماء في الجامعات المحلية. وهناك سؤال مُلِحّ آخر: إلى أي اتجاه تريد الحكومة الإندونيسية أن يتجه هؤلاء العلماء؟

يؤكد مشروعان بارزان على أن المسؤولين، الذين يمسكون بزمام سياستنا الوطنية للعلوم، يفضلون البحوث المثيرة للجدل، التي تؤدي ـ على الأرجح ـ إلى إثارة عناوين، وتأجيج مشاعر قصيرة الأمد بـ"الفخر الوطني"، بدلًا من البحوث العلمية الراسخة، التي تتمخض عنها منفعة مجتمعية حقيقية طويلة الأمد.

يقوم أول هذين المشروعين على الادعاء بأن إندونيسيا القديمة يمكن أن تكون موطنًا لأقدم الحضارات على وجه الأرض؛ حيث تم توظيف النماذج الجيولوجية، التي اكتُشفت أثناء عمليات الحفر في موقع جبل جونونج بادانج البركاني، في غرب جاوا، لتعزيز فكرة وجود هرم قديم، مدفون هناك، يسبق في وجوده الأطلال التاريخية لمصر القديمة بآلاف السنين. وقد حظي هذا المشروع، وما يقوم عليه من دعاوى استثنائية، بإعجاب العديد من أبناء الشعب الإندونيسي، كما دعمت الحكومة العمل فيه. وإضافة إلى ذلك.. قام الرئيس الإندونيسي بزيارة الموقع في العام الماضي؛ لإعلانه مهدًا للحضارات، وصاحب ذلك نشر قوات مسلحة؛ لدعم العمل في المشروع.

من المفارقات.. أن داني هيلمان ناتاويدجاجا ـ كبير العلماء العاملين في هذا المشروع، وعالِم الجيولوجيا في المعهد الإندونيسي للعلوم ـ كان يعكف في الأساس على دراسة شواهد الكوارث الطبيعية السابقة في المنطقة، كجزء من بحث أُجرِيَ لفهم المخاطر المستقبلية، عندما انصرف اهتمامه إلى قضية الهرم. لقد شوَّهَت النزعة الوطنية الأولويات.. فأهمية دراسة الكوارث تفوق بكثير البحثَ عن هرم مدفون.

يتعلق المشروع الثاني بعلاج كهربي مثير للجدل لمرض السرطان، قام وارسيتو تارونو بتطويره ونشره في مختبرات CTECH في تانجيرانج. ويدعي تارونو أن الأجهزة القائمة على الكهرباء الاستاتيكية يمكنها تحديد موقع الخلايا السرطانية، ومن ثم استهدافها، لمنعها من الانقسام. وبالتالي، بدأ الإندونيسيون، الذين يعانون من مرض السرطان، في التوافد بأعداد هائلة على عيادته، طلبًا للعلاج.

أهمية دراسة **الكوارث** تفوق بكثير البحث عن **هرم مدفون**

عندما أرسلت كل من الجمعية الإندونيسية لعلاج الأورام بالإشعاع، والجمعية الإندونيسية لجراحة الأورام رسالةً إلى الحكومة الإندونيسية في عام 2013، لمطالبتها بإغلاق عيادة وارسيتو، بحجة أن الجهاز لم يخضع للتجربة الإكلينيكية في المستشفيات الإندونيسية، لجأت الحكومة مجددًا إلى بطاقة "الفخر الوطني"، حيث أعلنت وزارة الصحة أن بحث وارسيتو يمثل ابتكارًا من "أحد أبناء الشعب"، ويجب دعمه. كما حظي وارسيتو بتكريم وزارة الحقوق القانونية والإنسانية في العام الماضي، باعتباره المخترع الأفضل في إندونيسيا.

ينبغي على الحكومة الإندونيسية ـ إذا كانت جادة بشأن بناء مستقبل لإندونيسيا على أساس أجهزة معينة مثل جهاز وارسيتو ـ إجراء مزيد من الاختبارات على البشر، والتجارب الإكلينيكية مزدوجة التعمية. وقد أكدت الحكومة في ردّها على رسالة جمعيات الأورام أن لديها رغبة حقيقية للقيام بذلك. وبصفة عامة، لا ينبغي لأي حكومة أن تبني التطور العلمي على أساس ما تعتقد أنه يجعل الدولة تبدو بحالة جيدة. إن حكومتنا تدعم البحث العلمي القائم على أسس راسخة، الذي يمكن أن يساعد الدولة في تحقيق الازدهار باستخدام الموارد المحلية، مثل المشروعات التي تهدف إلى بحث الخصائص الطبية للنباتات المحلية. ولأنّ هذه المشروعات لا تحظى باهتمام شعبي كبير، تظل هذه الجهود غير واردة ضمن قوائم أولويات المسؤولين.

لن يكون حل تلك المشكلة سهلًا، ولكن ربما يقدِّم تعيين مستشار علمي للرئيس، أو تركيز السياسة العلمية في وزارة واحدة، بعض العون. كما يمكن أن تقوم الأكاديمية الإندونيسية للعلوم بدور أكثر حيوية، وذلك بالإعلان عن دعم العلوم عالية الجودة. والأهم من ذلك كله، أن تعي الحكومة أن العِلْم ليس مجرد مصدر للفخر الوطني، ولا ينحصر هدفه الأساسي في رسم الابتسامة على شفاه أفراد الشعب، وإنما في مساعدتهم على العيش بشكل أفضل. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة مباشرة من خلال:
go.nature.com/zRvu6a

داينا روكميانينجسيه صحافية مستقلة في مجال العلوم بجاكرتا.
البريد الإلكتروني: drochmya87@gmail.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث



إننا نحتاج إلى منهج مدروس، لحساب مقاييس البحث العلمي

يمكن للمؤشرات الكمية الخاصة بنتائج الأبحاث أن تقود عملية اتخاذ القرار، لكن يجب أن تدعمها تحليلات قوية، وذلك حسب رأي **جيمس ويلسدون**.

تثير مقاييس الأبحاث ردود أفعال مختلفة لدى المجتمع البحثي. والتزام الباحثين باستخدام البيانات والأدلة اللازمة لاتخاذ القرارات يجعل الكثيرين منّا يتعاطف أحيانًا مع فكرة تحليل أعمالنا تحليلًا تفصيليًّا وواقعيًّا، بل ويتحمس لها، فإذا لم يكن بمقدور العلماء الاستفادة من إمكانيات البيانات الضخمة بشكل كامل، فمن بمقدوره إذًا الاستفادة منها؟

يكفينا فقط أن نتأمل الاستخدام غير الدقيق للمقاييس، مثل عامل تأثير الدوريات العلمية، ومؤشرات إتش (*h*-indices)، وأهداف أموال المنح، لنتذكَّر مساوئها، فبعض أهم خصائص المجال الأكاديمي لا يمكن قياسها كميًّا، لكن يمكن للمؤشرات الفردية أن تحارب من أجل إنصاف أبحاثنا من حيث الثراء والتعددية. وكثيرًا ما تتسبب معايير التقييم المصمَّمة تصميمًا سيئًا في التضليل، مثلما تحدِّد المستقبل المهني، فعلى الجانب الأسوأ.. يمكن للمقاييس أن تسهم في ما يُطلِق عليه روان ويليامز ـ أسقف كانتربيري الأسبق ـ "الهمجية الجديدة" في جامعاتنا. إنّ للمقاييس قوة حقيقية، فهي تحوي مجموعة من القِيَم، والهَوِيّات، وسُبُل الحياة.

ترأَّستُ لجنة مستقلة لمراجعة استخدامات مقاييس الأبحاث منذ شهر إبريل من عام 2014 بتكليف من الحكومة البريطانية، وقد نشرنا النتائج في بدايات يوليو الماضي (.go nature.com/smbaix). وسوف تؤثر هذه النتائج على طريقة تصميم جهات التمويل البريطانية للدورة القادمة من تقييم البحوث في الجامعات، التي كان يُخصَّص لها حوالي 1.6 مليار جنيه استرليني (ما يعادل 2.5 مليار دولار أمريكي) سنويًّا، مما سيُفيد كل عالِم يشعر بأنه لا يزال بعيدًا كل البعد عن تيار المقاييس السائد الآن، لكن المجتمع البحثي ما زالت لديه القدرة والفرصة ـ ومؤخرًا، زادت عليهما مجموعة حقيقية من الأدلة ـ لإحداث أثر في كيفية اجتياح هذا التيار لمجالي التعليم العالي، والبحث العلمي.

هناك شيء مؤكَّد.. هو أن خداع المقاييس سيستمر، وكذلك خوفنا منها، فهناك ضغوط متزايدة لمراجعة وتقييم الإنفاق العام على التعليم العالي والبحث العلمي، حيث يريد صناع السياسات إضفاء مزيد من الذكاء الاستراتيجي على جودة البحث وأثره. كما تحتاج المعاهد إلى إدارة وتطوير استراتيجيتها البحثية، لكنها تتنافس على المكانة الرفيعة، ومستوى الطلاب، والعاملين، والموارد. وفي الوقت نفسه، يزيد توافر البيانات الضخمة المتعلّقة باستيعاب الأبحاث في الزمن الحقيقي بشكل كبير، كما تزيد قدرة الأدوات على تحليلها.

على الجانب الإيجابي، يمكن للاستخدام الأوسع للمؤشرات الكمية وظهور المقاييس البديلة للتأثير المجتمعي أن يدعما التحول إلى نظام بحثي أكثر انفتاحًا ومسؤولية، ومواجِهًا للعالم الخارجي، إلا أنّ مجموعة صغيرة فقط من العلماء الذين استشرناهم في الأمر تدعم الاستخدام المتزايد للمقاييس. ومن الواضح أن وصف المقاييس، وإنتاجها، واستخدامها عبر المجتمع البحثي لا يزال مطعونًا عليه، ويمكن إساءة فهمه.

إن النتيجة التي توصلنا إليها هي أنه يجب على المقاييس أن تدعم حكم الخبراء، لا أنْ تحل محله، ولا تُعَدّ مراجعة الأقران مثالية بالطبع، لكنه يبقى أفضل شكل نملكه من أشكال الحكم الأكاديمي، وينبغي أن يبقى أساسًا لتقييم كل من الأوراق البحثية، والمقترحات، والباحثين.

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة مباشرة من خلال:
go.nature.com/2OEwcu

يمكن للمؤشرات الكمية أن تحقق إمكاناتها، إذا دعّمتها بِنْيَة تحتية مفتوحة من البيانات القابلة للعمل الداخلي. وتبقى كيفية جمع هذه البيانات، ومعالجتها، وإلى أي درجة تظل مفتوحة للتحقيق، أمرًا مهمًّا، فبدون المحدّدات والمعايير والدلالات السليمة، سنضع أنفسنا في خطر تطوير المقاييس غير القوية، أو غير المفهومة فهمًا صحيحًا.

مِن الواجب على الجامعات والمموِّلين والناشرين التوفيق بين أنظمة جمع البيانات لديهم، كما أن عليهم تيسير العثور على المعلومات المجزَّأة المتعلقة بالبحوث وتقييمها، ولا سيما فيما يتعلق بالتمويل. وإذا كانت المقاييس ستصير موضع ثقة، ولن تمثل عبئًا إداريًّا، فيجب أن تكون الأولوية في المجتمع البحثي للنشر الموسع للمحددات المتميزة، مثل نظام "بطاقات تعريف الباحثين والمساهمين" ORCID، وطرحها للأفراد والأعمال البحثية.

> هناك قلق مشروع حيال إمكانية **التلاعب** ببعض المؤشرات **الكمية.**

ومن الجدير بالذكر أن اختصار الأحكام المعقدة إلى درجات وأرقام بسيطة أمر جذاب، ولكن هناك قلق مشروع حيال إمكانية التلاعب ببعض المؤشرات الكمية، أو تَسَبُّبها في عواقب غير مقصودة، ومن ثم ينبغي على مديري شؤون العاملين واللجان المسؤولة عن التوظيف والترقيات أن يفصحوا بوضوح عن المعايير التي يستخدمونها، لاتخاذ القرارات المتعلقة بالتعيينات والترقيات الأكاديمية، حيث ينبغي لمثل هذه المعايير أن تؤسَّس في أحكام خبراء، ومن ثم يمكنها أن تعكس كلًّا من الجودة الأكاديمية للإصدارات البحثية، والإسهامات الأكثر اتساعًا في السياسة والصناعة والمجتمع.

ستكون تلك المقاييس مفيدة في بعض الأحيان في إرشاد صانع القرار، إذا كانت ملائِمة للمعايير المذكورة، واستُخدمت استخدامًا مسؤولًا، فعلى سبيل المثال.. يمكن لمقاييس الاستشهاد بالمقالات أن تكون مؤشرات مفيدة للتأثير الأكاديمي، طالما أنها ستُفسَّر في ضوء المعايير النظامية، مع الالتزام بحدودها، لكن لا ينبغي استخدام مقاييس الدوريات العلمية ـ كمُعامل التأثير، على سبيل المثال ـ بالطريقة نفسها. وللحَدّ من إساءة الاستخدام، ينبغي على الناشرين التوقف عن تركيزهم غير المفيد على مُعامل تأثير الدورية العلمية كأداة دعائية.

يحتاج المجتمع البحثي إلى تطوير منهج أكثر تقدمًا ودقةً للمقاييس. وحتى استخدام كلمة "مقاييس" هنا يُعَدّ غير دقيق، حيث إن الكلمة توحي بالدقة والنوعية، ومن ثم فإن كلمة "مؤشرات" مناسبة أكثر. إن مناقشة هذه القضية مهم للغاية، ولذلك.. فإنني أدعو قرّاء دورية *Nature* إلى مشاركة مميزات ومساوئ استخدام المقاييس في المدونة الجديدة www.ResponsibleMetrics.org. واقتداءً بجائزة "أسوأ مقطع جنسي في رواية"، التي ترصدها مجلة "ليتراري ريفيو" *Literary Review*، سنرصد كل عام جائزة "أسوأ مقياس" لأسوأ مثال للاستخدام غير السليم للمؤشرات الكمية في إدارة الأبحاث. ويؤسفني أن أقول إنني أتوقع أن أجد عددًا كبيرًا. ■

جيمس ويلسدون أستاذ العلوم والديمقراطية في جامعة سَاسِكْس بالمملكة المتحدة، ورئيس اللجنة المستقلة لمراجعة استخدام المقاييس في تقييم الأبحاث وإدارتها.
البريد الإلكتروني: j.wilsdon@sussex.ac.uk

أضـواء على الأبحـاث مقتطفات من الأدبيات العلميـة

علم الفيروسات

تعيين ناقلات الأمراض الفيروسية

أصبح البعوض ـ الذي يحمل فيروسَي حُمَّى الضنك، وحمى تشيكونجونيا ـ أكثر انتشارًا من أي وقت مضى، ومن المحتمل أن يزيد من نطاقاته.

فقد جَمَع سايمون هاي وزملاؤه ـ بجامعة أكسفورد، المملكة المتحدة ـ أكثر من 40 ألف سجل لظهور بعوض *Aedes aegypti* و*Aedes albopictus*. ودمج الباحثون هذه الوقائع مع بيانات بيئية؛ لتعيين النطاق الحالي والمحتمَل لهذه الحشرات بمقياس 5×5 كيلومترات. وتم العثور على نوعي بعوض *Aedes* على نطاق واسع في جميع القارات، باستثناء القارة القطبية الجنوبية، ولكن لم يبلغ عنهما بعد في مواقع يُحتمل أن تكون مناسبة لهما. وقد تُعِين خرائط الفريق على مراقبة البعوض في مناطق انتشاره البديلة.

***eLife* http://doi.org/5tz (2015)**

ديناميّات الموائع

ميكروبات كثيرة تنتج مائعًا فائقًا

يمكن للبكتيريا التي تسبح في مائع ما أنْ تقلِّل لُزُوجته إلى درجة الصفر. وخلافًا لمعظم السوائل، فإن لُزُوجة الموائع الفائقة صفرية، ولهذا.. قد تتصرف بطريقة غير عادية، بل وتتحدى قوى الجاذبية أحيانًا.

وقد وجد هارولد أورادو وزملاؤه ـ بجامعة باريس-سود في فرنسا ـ أنه يمكنهم تغيير لُزُوجة محلول سائل طبيعي من خلال تغيير تركيز بكتيريا *Escherichia coli* السابحة فيه. وعندما أدار الباحثون المحلول في ريومتر (جهاز يقيس اللُّزُوجة)، عادلَت حركة ذيول البكتيريا الدافعة القُوَى بين جزيئات السائل؛ مما خفَّض من لُزُوجته. وبمجرد وجود حوالي 6 مليارات بكتيريا سابحة في المعلَّق، انخفضت اللُّزُوجة إلى الصفر.

***Phys. Rev. Lett.* 115, 028301 (2015)**



EDUARDO M. VENTICINQUE

الحفاظ على البيئة

هـلاك الأحياء البريـة في الأمـازون بسبـب سَـدّ

لقد قلَّص سَدٌّ كهرومائي أساسي في حوض الأمازون التنوعَ البيولوجي بشكل حاد، حيث أسفر سد "بالبينا" في البرازيل عن غَمْر أكثر من 3,000 كيلومتر مربع من غابات الأمازون تحت الماء، وأنشأ آلاف الجُزُر (في الصورة)، عندما تم بناؤه في عام 1986. وقد قامت ميرا بنشيمول وكارلوس بيريز ـ من جامعة إيست أنجليا في نورويتش، المملكة المتحدة ـ بمسح 37 جزيرة من هذه الجُزُر؛ بحثًا عن 35 نوعًا من الثدييات والطيور والزواحف الكبيرة ومتوسطة الحجم، وذلك باستخدام كاميرات تنشط عند الحركة.

ويقدِّر الباحثان أنه في غضون الـ26 سنة بين بناء السد، وإجرائهم المسح، أدَّت العزلة إلى فقدان نسبة 70% من الأنواع في جميع الجُزُر التي أنشأها السد، في ظل معاناة الجُزُر الصغيرة أكثر من غيرها. ومِن المرجح أن تستضيف 25 جزيرة فقط (من بين 3,546 جزيرة) 80% أو أكثر من الحيوانات التي بحثوا عنها. يُذكَر أن لم هذه الآثار السلبية لم تُراعَ عمومًا. ولذلك.. يقترح الباحثان تقييم التأثيرات على التنوع البيولوجي بشكل أفضل، قبل التصريح بتنفيذ مشروعات الطاقة الكهرومائية في المستقبل.

***PLoS ONE* http://doi.org/5xh (2015)**

فيزياء

حدود المادة المظلمة

يمكن أن يساعد التحليل الطيفي الذَّرِّي في البحث عن المادة المظلمة الخفيفة جدًّا. فقد قاس كين فان تيلبورج وزملاؤه ـ بجامعة ستانفورد، كاليفورنيا ـ الطاقة المنبعثة عندما انتقلت ذرات عنصر الديسبروسيوم الأرضي النادر بين حالتين إلكترونيّتين متشابهتي الطاقة جدًّا على مدى سنتين. وفتَّش الباحثون عن تقلُّبات في هذه الطاقة مع مرور الوقت، من شأنها أن تكشف عن تغيُّرات موضعية قصيرة المدى في شدة القوة الكهرومغناطيسية، إذ قد تحدث هذه التقلبات من جرّاء تفاعلات مع جزيئات معينة من المادة المظلمة الخفيفة جدًّا.

لم يُلاحَظ حدوث أيّ تقلبات، مما يعني أن أيًّا من جزيئات المادة المظلمة المتفاعلة هذه يجب أن يكون أثقل من 3×10^{-18} إلكترون فولت، أو أن يكون التفاعل ضعيفًا للغاية. تضفي النتائج تحسينات على الحدود السابقة لقوة هذه التفاعلات بمقدار أربع قِيَم أُسِّيَّة.

وإذا تم إجراء قياسات مماثلة باستخدام ساعات ذَرِّيَّة، ربما يمكن تحسين الحدود بمقدار قيمة أُسِّيَّة أخرى.

***Phys. Rev. Lett.* 115, 011802 (2015)**

وظائف الأعضاء

كيف تبقى عظام الدب قوية

تضعف العظام مع الخمول في معظم الثدييات، ولكن الدببة في

حالة السبات تحافظ على عظامها؛ عن طريق تثبيط دورة العظام. حلَّل سيث دوناهو وزملاؤه ـ بجامعة ولاية كولورادو في فورت كولينز ـ عيِّنات دم وعظام من 13 دُبًّا أسود *Ursus americanus*، تظل في سبات لمدة تصل إلى 6 أشهر كل عام. ووجد الباحثون مستويات أقل من مؤشرات البروتين الرئيس المرتبط بتكوين العظام وانحلالها في سبات الدببة مما كانت عليه في فترات النشاط. وكان تركيز الهرمون الذي يحدّ من انحلال العظام أعلى 15 مرة خلال السبات منه خلال فترات النشاط.

واحتوى دم الدببة في حالتي السبات والنشاط على مستوى الكالسيوم نفسه، مما يدل على أن الدببة توازن بين تشكيل العظام وانحلالها أثناء السبات.

J. Exp. Biol. 218, **2067–2074 (2015)**

بيولوجيا تغيُّر المناخ

تقلُّص نطاقات النحل بسبب الاحترار

تتقلص نطاقات النحلة الطنانة مع احترار العالَم، مما يشير إلى أن تغيُّر المناخ يُعَدّ عاملًا يهدد هذه الملقحات.

فقد قارَن باحثون بقيادة جيريمي كير ـ من جامعة أوتاوا، كندا ـ بين أكثر من 420 ألف عملية رصد لأنواع النحلة الطنانة من أمريكا الشمالية وأوروبا، بين عامي 1975، و2010. وجد الباحثون أنه مع ارتفاع درجات الحرارة، تحرّكت الحدود الجنوبية لنطاقات العديد من أنواع النحلة الطنانة شمالًا، بما يصل إلى 300 كيلو متر في بعض الحالات. هذا.. وظلت الحواف الشمالية لنطاقات النحل كما هي، مما أدى إلى انكماش إجمالي لموائل الحشرات. ولم يرتبط استخدام المبيدات، ولا التغيرات في استخدام الأراضي بالتحولات الملحوظة في نطاقات النحلة الطنانة.

Science 349, 177–180 (2015)

علم البيئة السلوكي

لماذا تَحُطّ الخفافيش على نبات الإبريق

لقد طوَّرت نباتات الإبريق في بورنيو هياكل متخصصة تجتذب الخفافيش، التي تجثم على النباتات، وتخصِّبها بفضلاتها.

وقد صَوَّب مايكل شونر وزملاؤه ـ بجامعة جرايفسفالد في ألمانيا ـ موجات سونار على الجدار الداخلي الخلفي لنبات الإبريق *Nepenthes hemsleyana*؛ ووجدوا أنه يعكس الصوت بصورة أكثر وضوحًا وقوة مما فعلت أنواع أخرى من نباتات الإبريق. وعندما عدَّلوا عاكس الصوت، أو أزالوه؛ استغرقت خفافيش هارديوك البرية صوفية الشعر (*Kerivoula hardwickii*؛ **في الصورة**) وقتًا أطول بكثير للعثور على النبات. ويرى الباحثون أن هذه العلاقات التكافلية السمعية قد تكون أكثر شيوعًا مما كان يُعتقَد.

Curr. Biol. **http://doi.org/56c (2015)**

CH'IEN C. LEE

علم النبات

جين لأريج المساء

تُطلِق زهور البتونيا أريجها في أعقاب الإيقاع اليومي لجين ساعة بيولوجية. فقد حدَّد تاكاتو إيمايزومي وزملاؤه ـ بجامعة واشنطن في سياتل ـ جينًا أسموه *PhLHY* في الزهرة العطرة *Petunia hybrida*، التي تُطلِق جزيئات الأريج المتطايرة أساسًا في الليل. عادةً ما يتم التعبير عن هذا الجين في الصباح، مما يثبط التعبير عن جينات أخرى، وإنتاج إنزيمات مشاركة في إنتاج جزيئات الأريج.

توقفت النباتات المهندَسة للتعبير باستمرار عن *PhLHY* عن إنتاج جزيئات الأريج تمامًا. وعلى النقيض من ذلك.. فالنباتات التي تم تقليل التعبير عن هذا الجين فيها تُظْهِر ذروة إنتاج الأريج في حوالي منتصف النهار.

Proc. Natl Acad. Sci. USA **http://doi.org/5xg (2015)**

DDP USA/REX

تغيُّر المناخ

تغيُّر الرياح يعني رحلات أطول

إنّ تحوُّل أنماط الرياح ـ الناجم عن تغيُّر المناخ ـ قد يطيل بعض رحلات شركات الطيران؛ مما يزيد بدوره من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

فقد حلَّل كريستوفر كارناوسكاس وزملاؤه ـ بمعهد وودز هول لعلوم المحيطات في ماساشوستس ـ مدة 250 ألف رحلة جوية فوق شمال المحيط الهادئ، ووجدوا أن أوقات الطيران اختلفت مع التغيرات الطبيعية في سرعة الرياح عند ارتفاع تحليق الطائرة. وباستخدام نماذج مناخية، يتوقع الفريق أن تغيُّر المناخ الناجم عن غازات دفيئة يمكن أن يؤدي إلى تحويل جزء من تيار المحيط الهادئ النفاث إلى ممر بين هاواي، والساحل الغربي للولايات المتحدة القارِّية؛ مما يزيد متوسط أوقات الطيران على هذا المسار.

ويحذر الباحثون من أن هذه التغييرات سوف تزيد من استهلاك الوقود وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون على هذا المسار، وربما لرحلات جوية أخرى على الصعيد العالمي، الأمر الذي يحفز بدوره تغيُّر المناخ.

Nature Clim. Change **http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2715 (2015)**

علم الفلك

احتشاد أحداث قد يفسِّر عاصفةً شمسية

تَضَافَر مزيجٌ نادر من العوامل؛ لجعل عاصفة شمسية في مارس 2015 هي الأقوى منذ عقد من الزمان. وكشأن معظم هذه العواصف، بدأت هذه العاصفة عندما تفجرت من الشمس بلازما سريعة الحركة في حدث يُسمى (الانبعاث الكُتَلِي الإكليلي). بعد ذلك.. أرسل جزءٌ مختلف من الشمس تيارًا من البلازما في صورة "رياح شمسية". وربما دفعت هذه الرياح الانبعاث الكتلي الإكليلي من الخلف، حسبما أشار باحثون بقيادة ريوهو كاتاوكا، من المعهد الوطني للأبحاث القطبية في طوكيو. من المرجح أن تكون هذه الكتلة قد انجرفت بالكامل إلى الفضاء؛ مما يراكم جزيئات كثيفة من انفجارات سالفة لرياح شمسية سبقتها. وتَوَافَق أيضًا أن خطوط المجال المغناطيسي للشمس موجَّهة لدفع العاصفة بقوة نحو الأرض. وبمجرد ضرب الغلاف الجوي للأرض، أثارت العاصفة شفقًا (**في الصورة**) في أنحاء نصف الكرة الشمالي في 17 مارس الماضي.

Geophys. Res. Lett. **http://doi.org/5wn (2015)**



اختيار المجتمع

الأبحاث الأكثر قراءةً على مواقع التواصل الاجتماعي

حمَلة الدكتوراة الأمريكيون يتمنون أجرًا إضافيًّا

أثارت لائحة تنظيمية مقترَحة من قِبَل الرئيس الأمريكي باراك أوباما، من شأنها توسيع نطاق أجر العمل الإضافي لملايين العمال، مناقشةً شرسة بين أكاديميين، من بينهم بعض الذين يعتقدون أنها قد تؤدي إلى أجور أكبر لحملة الدكتوراة (انظر: go.nature.com/jgckvb). وإذا تم إقرار اللائحة؛ فسوف يتمكن العاملون الذين يصل الراتب السنوي لكل منهم إلى أقل من 50,400 دولار أمريكي تقريبًا من تلقِّي 1.5 ضعف القيمة المعتادة عن كل ساعة عمل إضافية ـ على الأقل ـ بعد ساعات العمل الأسبوعية الـ40 المقرَّرة. وكتب فرانسوا جولد ـ باحث ما بعد الدكتوراة في علم التشريح بجامعة شمال شرق أوهايو الطبية في روتستاون، أوهايو ـ في تغريدة له: "هذا الإصلاح هو قانون عمل. أعطني سببًا واحدًا مقنِعًا، لكي لا يُعَامَل الأكاديميون الذين يتقاضون أقل من 50 ألف (دولار) مثل غيرهم من العاملين في هذه الحالة". وتقول بليندا هوانج ـ المديرة التنفيذية للجمعية الوطنية لباحثي ما بعد الدكتوراة، ومقرها واشنطن العاصمة ـ إنه من غير الواضح ما إذا كان المقترَح سيطبَّق على حمَلة الدكتوراة وغيرهم من العلماء، أم لا.

NATURE.COM
للاطلاع على المزيد من الأبحاث المُتَداوَلة.. انظر: www.nature.com/7viusy

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

جيوفيزياء

الجذور التاريخية لمغناطيسية الأرض

ربما تطوَّر حقل مغناطيسي للأرض مبكرًا قبل أربعة بلايين سنة، أي منذ أكثر من نصف مليار سنة مما كان يُعتقد.

قاس جون تاردونو وزملاؤه ـ بجامعة روتشستر بولاية نيويورك ـ إشارات مغناطيسية خافتة من معادن حاملة للحديد، محتجَزة داخل بلورات زركون، يصل عمرها إلى أربعة مليارات سنة من منطقة جاك هيلز غرب أستراليا. ووجد الباحثون أن شدة المجال المغناطيسي تذبذبت، من قيمة مماثلة لحقل اليوم (حوالي 25 ميكرو تسلا) إلى حوالي 12% من هذه القيمة.

ومن المحتمل أن المجال المغناطيسي القديم، عندما بلغ عمر الكوكب حوالي 500 مليون سنة فقط، كان بمثابة درع جيد ـ وإنْ كان غير تام ـ ضد الرياح الشمسية. ويقول الباحثون إن هذا الدرع ربما جعل هذا الكوكب الشاب ملائمًا أكثر للحياة.

***Science* 349, 521–524 (2015)**

علم الأعصاب

دماغ مصغَّر يلمِّح إلى علاج التوحد

استزرع باحثون خلايا جذعية من أشخاص يعانون من اضطراب طيف التوحد (ASD)؛ لتشكيل بِنًى تشبه الدماغ في المختبر، والكشف عن أخطاء في التطور العصبي.

فقد أخذت فلورا فاكارينو وزملاؤها ـ بجامعة ييل في نيو هيفن، كونيتيكت ـ خلايا جلد من أربعة أشخاص مصابين باضطراب طيف التوحد، ومن أقاربهم الطبيعيين، وأعادوا برمجة الخلايا إلى خلايا جذعية. وبعد ذلك أنتج الباحثون "أدمغة مصغرة" باستخدام مزارع ثلاثية الأبعاد من الخلايا، أعادت تصوير تطور مقدم الدماغ البشري بعد 9–16 أسبوعًا من بداية المزرعة. ووجد الفريق أنه بالمقارنة بمزارع المراقبة، تضمنت مزارع اضطراب طيف التوحد مزيدًا من الخلايا العصبية التي تنتج جزيء إشارات الدماغ، GABA، الذي يثبط النشاط العصبي. وكان أحد أسباب هذا الاختلاف أن خلايا اضطراب طيف التوحد أفرطت في التعبير عن الجين *FOXG1*، وحَدَّ تصحيح هذا الخلل من نمو الخلايا العصبية المنتِجة للجزيء GABA.

لم يشترك الأشخاص الأربعة في أي تغيرات جينومية واضحة، ما يشير إلى أن هناك عوامل وراثية مختلفة لمرض التوحد، يمكن أن تتسبب في الحالة؛ عن طريق التأثير في آليات عصبية حيوية مشابهة أثناء نمو الجنين.

***Cell* 162, 375–390 (2015)**



PAULO MINATEL GONELLA

بيولوجيا النبات

نبات مفترس جديد وُجد على موقع "فيسبوك"

تم التعرف على نوع جديد من النباتات آكلة الحشرات (*Drosera magnifica*، في الصورة) بعد أن نَشَر أحد هواة العلوم الطبيعية صورًا له على موقع "فيسبوك".

تنبَّه باولو ميناتل جونيلا وزملاؤه ـ بجامعة ساو باولو في البرازيل ـ للصور الموجودة على الشبكة الاجتماعية، وسافروا إلى جنوب شرق البرازيل؛ لدراسة النوع المفترس، الذي ينمو في موئل محدد ضيق على جبل واحد. يمتلك النبات ساقًا، طولها 1.5 متر تقريبًا، ويُعتبر النبات أكبر أنواع *Drosera* الموجودة في الأمريكتين. كما وجد الفريق حشرات كثيرة محتجَزة في مادة لزجة، تنتجها لوامس النبات الحمراء، التي تغطي الأوراق. ويُعَدّ هذا النوع الآن في مرحلة حرجة من خطر الانقراض، نظرًا إلى أن مزارع البن والكافور تهدِّد موئله.

***Phytotaxa* 220, 257–267 (2015)**

التطور

آيادٍ تنطوي على دلائل تطور الرئيسيات

تُعَدّ نِسَب اليد البشرية مشابهة لأيدي بعض أجدادنا، مما يوحي بأن أيدينا لم تتطور لخدمة الاحتياجات الفريدة للبشر المعاصرين. فقد حلَّل سيرجيو ألميها وزملاؤه ـ بجامعة جورج واشنطن في واشنطن العاصمة ـ نِسَب طول اليد في البشر والقردة (**في الصورة** يد شمبانزي)، والنسانيس والرئيسيات الأحفورية.

يُظْهِر الباحثون أن البشر يختلفون عن القردة الحية من ناحية نِسَب الأيدي الإجمالية، ولكن ليس عن بعض أسلافنا، حتى عندما وضعوا في الاعتبار الاختلافات في حجم الجسم بين الأنواع. وظهر أن أنواع الرئيسيات المختلفة تتخذ مسارًا تطوريًّا خاصًّا بها؛ للوصول إلى أصابع إبهام طويلة على نحو مماثل؛ لتحسين براعة استخدام اليد.

ويلمح الباحثون إلى أن دليلهم يتحدى فكرة أن القردة المعاصرة هي نماذج شكلية جيدة لأسلاف البشر.

***Nature Commun.* 6, 7717 (2015)**

TIM FLACH/GETTY

المعلومات الكَمِّيّة

التحكم في كيوبت بهيكل ثلاثي الأبعاد

يمكن التحكم في الكيوبت ـ أو البِتّات الكَمِّيَّة التي تخزِّن المعلومات وتعالجها في الحواسب الكَمِّيَّة ـ بشكل فردي في هيكل (مصفوفة) ثلاثي الأبعاد، من دون إرباك الذرّات المجاورة.

تَعِد ذرّات محايدة بأنْ تصبح في المستقبل كيوبتات عندما تبرد، وتُحتجز بواسطة الضوء، لكن التلاعب بذَرَّة واحدة من دون إرباك جيرانها أمر صعب. وقد تحكَّم ديفيد وايس وزملاؤه ـ بجامعة ولاية بنسلفانيا في يونيفرسيتي بارك ـ بذَرَّة واحدة في نسق من ذرّات السيزيوم المحتجزة (5 × 5 × 5)، بإطلاق شعاعين من الضوء المستقطب دائريًّا، بحيث يتقاطعان عند الذرة المستهدفة. أدى ذلك إلى تبدُّل مستويات طاقة الإلكترونات في

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فيزياء الجسيمات

اضمحلال الجسيم "الأيسر" فقط

تضمحل جسيمات دون ذرِّيَّة ذات لفّ مغزلي عكس اتجاه عقارب الساعة فقط، نتيجة إحدى القوى الأساسية، مؤكِّدة أن الكون متحيز تجاه ما هو أيسر.

درس فريق من الباحثين، يعمل على تجربة "مصادم الهادرونات الكبير بيوتي" LHCb، اضمحلال تريليونات الجسيمات دون الذَّرِّيَّة، المعروفة باسم الباريونات Λ^0_b، الناشئة من تصادمات في مصادم هادرون الكبير في سيرن، المختبر الأوروبي لفيزياء الجسيمات، الذي يقع بالقرب من جنيف، سويسرا. وخلال هذا الاضمحلال، قد يتحول الكوارك السفلي من باريون إلى كوارك علوي. وأكّد الباحثون أن القوة النووية الضعيفة ـ واحدة من القوى الأساسية الأربع في الكون ـ تؤدي إلى اضمحلال الكواركات السفلية ذات اللف المغزلي عكس اتجاه عقارب الساعة فقط إلى كواركات عليا، كما تنبّأ النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات.

وتشير قياسات سابقة إلى أن الكواركات ذات اللف المغزلي في اتجاه عقارب الساعة قد تضمحل أيضًا بهذه الطريقة، الأمر الذي قد يتطلب ـ إذا كان هذا صحيحًا ـ وجود قوى أساسية جديدة في الطبيعة.

***Nature Phys*. http://doi.org/6kg (2015)**

علم الفلك

كسوف كلي لزوج نادر من النجوم

رصد علماء فلك هواة ومحترفون زوجًا نادرًا من النجوم، يحجب فيه أحد النجمين النجم الآخر تمامًا، وهما يدوران حول بعضهما البعض.

فقد حلَّل فريق من الباحثين بقيادة هيذر كامبل ـ من جامعة كمبريدج، المملكة المتحدة ـ بيانات من القمر الصناعي "جايا"، التابع لوكالة الفضاء الأوروبية، وتليسكوب ويليام هيرشيل في جزر الكناري، إسبانيا. اكتشف العلماء أن النظام المسمَّى (Gaia14aae)، هو جزء من نوع من نجوم ثنائية ذات فترات مدارية قصيرة، ولم يتبق لديها الكثير من الهيدروجين لتحرقه. واكتشفت مجموعة من الفلكيين الهواة أن النجمين كانا في حالة كسوف. وإضافة إلى ذلك.. يمتص أحد النجمين الهيليوم من رفيقه الأخف وزنًا، ولكنه الأكبر حجمًا بكثير. ووجد الفلكيون أيضا أن زوج النجمين ـ وكلاهما أخف من الشمس ـ يكمل المدار في أقل من 50 دقيقة.

***Phys. Rev. Lett*. 115, 043003 (2015)**

***Mon. Not. R. Astron. Soc*. 452, 1060–1067 (2015)**

الحفاظ على البيئة

تقديرات أفضل لخطر الانقراض

استخدم باحثون أسلوبًا محسَّنًا لحساب مخاطر انقراض الأنواع؛ ما قد يخفِّض تقديرات المخاطر تقريبًا لنوع من كل عشرة أنواع مهدَّدة بالانقراض.

تصنِّف القائمة الحمراء المؤثرة للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة (IUCN) آلاف النباتات والحيوانات المهددة إلى فئات مختلفة، وفق خطر الانقراض.

وقد حلَّل لوكاس جوبا وزملاؤه ـ بمنظمة "مايكروسوفت ريسيرش" في ريدموند، واشنطن ـ أساليب مختلفة؛ لحساب "مدى الوجود" (EOO) لحوالي 21,763 نوعًا من الثدييات، والطيور، والبرمائيات في القائمة الحمراء. ومدى الوجود هو المساحة الإجمالية التي قد يُوجد فيها نوع ما، إذ كلما كانت المساحة أصغر؛ زاد ضعف هذا النوع.

وقد استخدمت التقييمات السابقة غالبًا طُرُقًا في حساب مدى الوجود، يعتبرها الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة الآن عتيقة. ووجد الباحثون أن تطبيق الأسلوب المعتمَد من الاتحاد سوف يقلل من فئة خطر الانقراض للعديد من الحيوانات المهددة بنسبة 14–15% للثدييات، و7–8% للطيور، و12–15% للبرمائيات.

Conserv. Biol. http://doi.org/6jq (2015)

الهندسة

أوريجامي لِطَيّ مواد سميكة

يمكن أن تمتد أنماط الأوريجامي (طي الورق)، المصمَّمة لِقطَع رقيقة من الورق، لتشمل بعض المواد الأكثر سُمْكًا كذلك. لقد تطلبت محاولات سابقة لِطَيّ المواد ثلاثية الأبعاد إضافة طبقات من المواد، أو تغيير شكلها الهندسي. ولتجنب هذا.. طوَّر تشونج يو وزملاؤه ـ بجامعة أكسفورد، المملكة المتحدة ـ طريقة لتجميع مواد سميكة، بحيث تتحرك المفصلات لتلتقي الطبقات بعدد محدود من الطرق. وأظهر الباحثون كيف يتيح اختيار وضع المفصلات والطَّيَّات بعناية للهياكل الحركة والانثناء (**في الصورة**) بطرق مماثلة لأنماط أوريجامي تستخدم بعض المواد ثنائية الأبعاد.

يفيد الباحثون بأن الطريقة قد تحسِّن ـ في نهاية المطاف ـ من بناء هياكل قابلة للطَّيّ، مثل ألواح شمسية، أو أجنحة طائرات.

***Science* 349, 396–400 (2015)**

الأحياء المجهرية

ميكروبات تزيد مخاطر اللحوم الحمراء

تساعد ميكروبات في الأمعاء على زيادة خطر الإصابة بسرطان القولون عند وجود "هيم"، وهي الصبغة الموجودة في اللحوم الحمراء.

لقد ارتبط وجود صبغة اللحوم الحمراء في النظام الغذائي بزيادة مخاطر الإصابة بسرطان القولون، حيث تضر الصبغة بالخلايا المبطِّنة للأمعاء، مما يؤدي إلى تكاثر مفرط للخلايا. وقد فرضت نورتيجي أيجينيجر وزملاؤها ـ بالمركز الطبي بجامعة أوتريخت في هولندا ـ على فئران نظامًا غذائيًّا يحتوي على صبغة اللحوم الحمراء؛ ووجدت أن الحيوانات التي تلقَّت مضادات حيوية أيضًا لم تتأثر بضرر الأمعاء هذا، أو زيادة تكاثر الخلايا. وزادت الصبغة من مستوى جرثومة تُدعى *Akkermansia muciniphila*، تحلِّل مخاط بطانة الأمعاء، وتعرِّض خلايا الأمعاء للصبغة الضارة. وتحلِّل بكتيريا الأمعاء التي تنتج الكبريتيد أيضًا حاجز المخاط هذا.

يقول الباحثون إن استخدام مؤشر حيوي، لمراقبة تدهور مخاط الأمعاء، قد يكون وسيلة لقياس مخاطر سرطان القولون.

***Proc. Natl Acad. Sci. USA* http://doi.org/6jp (2015)**

اختيار المجتمع

الأبحاث الأكثر قراءةً على مواقع التواصل الاجتماعي

كشْف مساوئ الأخبار العلمية

غالبًا ما يشكو الباحثون من الأخبار العلمية غير الدقيقة في الصحافة الشعبية، لكنّ قِلّة منهم تبث شكواها في الدوريات. فقد ناقش صموئيل مهر ـ طالب الدكتوراة في جامعة هارفارد في كمبريدج، ماساتشوستس ـ في مقال بدورية "فرونتيرز إن سيكولوجي" *Frontiers in Psychology* بعض الأمثلة على عثرات وسائل الإعلام، وآثار الموسيقى على الإدراك. اكتسب مقال الرأي اهتمامًا واسع النطاق على الإنترنت. وقال أرسيني خوخالين ـ عالم الأعصاب في كلية بارد في أنانديل-أون-هدسون، نيويورك ـ في تغريدة له: "هذا استعراض لطيف جدًّا لكيفية تقديم وسائل الإعلام للعلم بشكل سيئ"، لكن تيري هيبير ـ متخصص علم الأدوية في جامعة ماكجيل في مونتريال، كندا ـ الذي يرى أن اللوم يقع على كلا الجانبين، كتب في "فيسبوك" قائلًا: "يجب أن يسعى الصحفيون والعلماء ـ على حد سواء ـ للتأكد من دقة مزاعمهم."

***Front. Psychol*. 6, 00988 (2015)**

NATURE.COM
للاطلاع على المزيد من الأبحاث المُتَداوَلة.. انظر:
www.nature.com/awqdox

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأبحاث من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc


NASA/JHUAPL/SWRI

هالة ضبابية حول بلوتو

أعلنت "ناسا" في الرابع والعشرين من يوليو الماضي أن المركبة الفضائية "نيو هورايزونز" اكتشفت وجود ضباب في الغلاف الجوي، شديد البرودة لكوكب بلوتو. تحتوي الاكتشافات الحديثة ـ التي تم التوصل إليها خلال المرور التاريخي للمركبة من جانب الكوكب في الرابع عشر من يوليو الماضي ـ على أول دليل على أن الغلاف الجوي لبلوتو يبدأ في التجمد والتساقط على هيئة جليد على سطح الكوكب، وهو ما توقع العلماء حدوثه عند ابتعاد الكوكب عن الشمس أثناء دورانه حولها في مداره البيضاوي. سمحت أشعة الراديو القوية ـ المرسَلة من الأرض إلى المركبة ـ للباحثين بقياس الضغط السطحي الضئيل ـ على نحو مدهش ـ للغلاف الجوي لبلوتو، حيث تَسَبَّبَ في انحناء موجات الراديو. كما تم أيضًا اكتشاف كُتَل جليدية من ثلج النيتروجين المتدفق من سهول "مسطح سبوتنيك". للاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/bmmldk.

سياسات

عقوبة الصيد الممنوع

طلبت الأمم المتحدة من أعضائها التصدي للجرائم التي تُرتكب في حق الحياة البرية، وذلك من خلال قرار، قامت بتمريره الجمعية العامة التابعة لها في الثلاثين من يوليو الماضي. يعبِّر القرار عن مخاوفها الحقيقية تجاه الصيد الممنوع لحيوان الكركدن والفيلة في أفريقيا، ويحث الدول الأعضاء على جعل التشريعات أكثر حَزْمًا؛ لمنع التجارة غير القانونية، واتخاذ الإجراءات اللازمة ضدها. يأتي القرار بعد "إعلان لندن" في فبراير من عام 2014، الذي اتفقت فيه 41 دولة على اعتبار الصيد الممنوع جريمة خطيرة- وهو مصطلح فني ابتكرته الأمم المتحدة؛ لفرض عقوبات أكثر قسوة على المجرمين.

مخاوف مناخية

حذَّر علماءٌ ـ من خلال تقرير حول المخاطر المناخية، صدر في الثالث عشر من يوليو الماضي، كُلِّفَت به وزارة الخارجية البريطانية ـ من فشل السياسات الحالية في مواجهة التحديات السياسية والتكنولوجية للحّد من انبعاثات الغازات الدفيئة. ويقول التقرير إنه من المستبعَد أن تؤدي الجهود المشتركة التي تبذلها كبرى اقتصاديات العالم ـ بما فيها الصين، والاتحاد الأوروبي ـ إلى خفض مستويات الانبعاثات إلى المستويات الآمنة. ويسلط التقريرُ الضوءَ على "المخاطر الهائلة" التي تهدد الأمن في حال وقوع صراعات، نتيجة زيادة التنافس على الأرض، أو الماء. وختامًا، يشير مؤلِّفو التقرير إلى ضرورة تقييم مخاطر التغير المناخي بالطريقة ذاتها، التي يتم بها تقييم التهديدات الأمنية الدولية.

أبحاث

عائلة لقرود نادرة

تم اكتشاف عائلة جديدة من الرئيسيات الأكثر ندرة في العالم. ففي العام الماضي حذَّر الباحثون من بقاء 23-25 قردًا فقط من قرود هانيان جيبون *Nomascus hainanus* (*Nature* **508**, 163; 2014)، إلا أن فريقًا بقيادة الجمعية الحيوانية في لندن أعلن في الثالث عشر من يوليو الماضي أنه لاحظ في يونيو الماضي وجود زوج جديد لم يكن معروفاً من قبل من القردة، ومعهما صغيرهما، وهذا لا يضيف ثلاثة أفراد إلى العدد فحسب، بل أيضًا مجموعة اجتماعية مهمة.

الأرض الثانية تقريبًا

أعلنت وكالة "ناسا" في الثالث والعشرين من يوليو الماضي عن عثور المركبة الفضائية "كيبلر" ـ التابعة لها ـ على كوكب خارج المجموعة الشمسية، وهو أقرب الكواكب شبهًا بكوكب الأرض تم اكتشافه حتى الآن. الكوكب الذي تمّت تسميته "كيبلر 452- ب" يدور حول نجم مشرق، يبعد عن الأرض بمقدار 430 فرسخًا نجميًّا (أي 1,400 سنة ضوئية تقريبًا)، ويُوجد الكوكب داخل النطاق المحيط لنجمه الذي يسمح بوجود حياة عليه، حيث تسمح درجات الحرارة التي يتمتع بها بوجود مياه على سطحه. يزيد حجم الكوكب "كيبلر 452 ب" عن حجم الأرض بنسبة 60%، وقد يكون سطحه صخريًّا. وإنْ صَحَّ ذلك.. فإن ذلك الكوكب سيكون أول كوكب أرضي يتم اكتشافه، يقع حول نجم يشبه الشمس، ويبعد عنه بمسافة داخل النطاق الذي يسمح بوجود حياة عليه. (تم اكتشاف كواكب مشابهة، ولكنها كانت تدور حول نجوم أكثر برودة وأكثر عتمة من الشمس).

لقاح الإيبولا

يبدو أن أحد اللقاحات التجريبية للإيبولا سيمنح حماية كاملة ضد الإصابة بالفيروس في الأشخاص المعرَّضين على نحو كبير لخطر الإصابة بالعدوى، وذلك وفقًا لتجربة أجريت في غينيا (A. H. Henao-Restrepo *et al*. *Lancet* http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)61117-5; 2015). يُذكَر أنّ اللقاح الذي طوَّرته وكالة الصحة العامة في كندا، وحصلت شركة "ميرك" على ترخيصه، صُنع من فيروس يصيب الماشية، وتمت هندسته وراثيًّا؛ لينتج بروتين الإيبولا. وقد ضمَّت التجربة فريقين: الأول مكون من 2,104 أشخاص، تلقّوا اللقاح مباشرة بعد الاحتكاك بمصابين، ولم يُصَب أي منهم بالإيبولا منذ أن تلقّوا اللقاح لمدة عشرة أيام، بينما وقعت 16 إصابة بالفيروس في الفريق الآخر، المكوَّن من 2,380 شخصًا، تلقّوا اللقاح بعد التعرض للفيروس بثلاثة أسابيع.

أحلام التليسكوب

تقول مجموعة مؤثِّرة من علماء الفلك الأمريكيين ـ في تقرير صدر في السادس من يوليو الماضي ـ إنه يتعين على وكالة "ناسا" وشركائها الدوليين بناء تليسكوب فضائي، يبلغ حجمه خمسة أضعاف حجم تليسكوب "هابل" الفضائي الحالي. وهذا التليسكوب، الذي يبلغ قطر مرآته 12 مترًا "التليسكوب الفضائي عالي الوضوح"، سيكون أول بديل حقيقي لهابل، حيث إن تليسكوب "جيمس ويب" الفضائي ـ ثاني أكبر مرصد تابع لـ"ناسا"، وسوف يتم إطلاقه في عام 2018 ـ يعمل في ظل الأشعة تحت الحمراء، وليس الموجات الطولية المرئية وفوق البنفسجية التي يعمل "هابل" من خلالها. والتقرير الصادر عن "رابطة الجامعات لأبحاث الفلك" في واشنطن دي سي لا يحدد تكلفةً أو

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

إطارًا زمنيًّا لبناء التليسكوب. للاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/vskh3s

شخصيات

وفاة عالِم فيزياء

تُوفي في الخامس من يوليو الماضي عن عمر يناهز 94 عامًا يويتشيرو نامبو عالِم الفيزياء النظرية الياباني، الذي ترجم اكتشافات حول المواد الغريبة إلى مفاهيم مبدئية لسلوك الجزيئات الأولية. أظهر نامبو أن الانكسار التلقائي للتناظر الفيزيائي - الذي يوضح كيف توصِّل الموصلات الفائقة الكهرباء بدون مقاومة ـ قد يحدث في الحقول الكمية في الفراغ. وكان هذا أساسًا لطرح قدَّمه فيزيائيون آخرون حول كيفية مَنْح "حقل هيجز" كتلة لجسيمات أخرى. حصل نامبو على جائزة "نوبل" في الفيزياء بالمشاركة في عام 2008 على أعماله. يُذكر أنه تم اكتشاف الجسيم المصاحب لحقل هيجز في عام 2012.

رئيس جديد لـESA

بدأ يوهان ديتريش فورنر عمله كمدير عام لوكالة الفضاء الأوروبية (ESA) في الأول من يوليو الماضي، ولمدة أربعة أعوام مقبلة. وقبل منصبه الحالي، كان رئيسًا لمركز الطيران والفضاء الألماني (DLR). وقد حَلّ فورنر محلّ جان جاك دوردان الذي قاد الوكالة منذ عام 2003. ويخطط فورنر لاستكمال البرامج الحالية للوكالة، التي تشمل مهمة "روزيتا"، ومرصد "جايا" الفضائي، وبرنامج "كوبرنيكوس" لمراقبة الأرض. كما سيعدّ الوكالة لما يسميه "سبيس 4.0"، وهي مرحلة يدخل فيها الفضاء ضمن الاهتمامات اليومية للصناعة وللمجتمع بشكل عام.



EPA/CHRISTOPHER BERKLEY/CORBIS

أحداث

تسوية "بي بي"

ستدفع شركة النفط البريطانية العالمية "بي بي" 18.7 مليار دولار أمريكي على مدار 18 عامًا؛ لتسوية دعاوى قضائية مدنية مرفوعة ضدها، بخصوص تسريب (ديب ووتر هورايزون) النفطي، الذي حدث في عام 2010 (**في الصورة**)، وذلك وفق تسوية مبدئية مع حكومة الولاية الأمريكية والحكومة الفيدرالية. ستكون تلك الصفقة ـ المعلَن عنها في الثاني من يوليو الماضي ـ أكبر تسوية يتم إجراؤها مع شركة في تاريخ الولايات المتحدة، وفقًا لما أعلنته وزارة العدل الأمريكية. وقبل إتمام الاتفاق، لا بد من عرضه لفترة على الجمهور؛ لاستقبال تعليقاتهم عليه، ولا بد أن يخضع للمراجعة، عن طريق محكمة فيدرالية. للاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/xsus9t

حظر شَحْن الأنثراكس

تقول شركة الشحن الأمريكية "فيديكس" إنها ستتوقف عن حمْل المُمْرِضات الخطرة، أو "العوامل المختارة". جاءت تلك الخطوة، بعد أن أعلن الجيش الأمريكي في مايو الماضي أنه قام بشحن أبواغ حية للجمرة الخبيثة ـ عن طريق الخطأ ـ لنحو مئتي مختبَر في 9 دول. ووفقًا لما ورَد في صحيفة "يو إس إيه توداي" ـ التي نشرت إعلان الجيش في التاسع والعشرين من يوليو الماضي ـ فشركة "فيديكس" هي إحدى الشركتين الوحيدتين اللتين تقومان بشحن العوامل المختارة، مما أثار قلق الباحثين بشأن ما سيترتب على ذلك من صعوبة نقْل العيِّنات في حال تفشِّي وباء. تقول "فيديكس" إنها نقلت إحدى العيِّنات الحية للجمرة الخبيثة ـ على الأقل ـ من منشأة "داجواي بروفينج جراوند"، الواقعة في ولاية يوتاه.

عام بدون شلل الأطفال

في الرابع والعشرين من يوليو الماضي، شهدت نيجيريا مرور العام الأول على ظهور آخِر حالة لشلل الأطفال، ذلك المرض الذي يسببه الفيروس البري. سيتم شطب منطقة غرب أفريقيا من قائمة الدول المتوطّن بها مرض شلل الأطفال، فور الانتهاء من الاختبارات المعملية في كافة أنحاء الدولة. وحاليًّا، تَظَلّ باكستان وأفغانستان الدولتين الوحيدتين اللتين لم تتوقف فيهما قط عدوى فيروس شلل الأطفال. قد يتم اعتماد خلوّ أفريقيا من شلل الأطفال قريبًا في أغسطس 2017، أي بعد مرور ثلاثة أعوام على ظهور آخِر حالة في القارة في الصومال، التي حدثت بسبب انتقال للفيروس من نيجيريا. للاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/uomxdr.

تعثر "سولار إمبلس 2"

ستؤخِّر بعض المشكلات الفنية إتمام محاولة الطيران حول العالم، اعتمادًا على الطاقة الشمسية فقط. فقد تعرّضت البطاريات القابلة لإعادة الشحن بالطائرة "سولار إمبلس 2" لسخونة شديدة أثناء الرحلة الأخيرة للمركبة، التي نجحت خلالها في عبور المحيط الهادئ في الثالث من يوليو الماضي، مسجِّلةً الرقم القياسي لأطول رحلة طيران (دون توقف) باستخدام الطاقة الشمسية فقط كوقود. وفي الخامس عشر من يوليو الماضي، أعلن المنظمون عن تأجيل الرحلة التالية، التي ستبدأ من مدينة هونولولو في هاواي إلى أراضي الولايات المتحدة، لمدة 9 أشهر على الأقل، حتى يتمكنوا من إصلاح البطاريات، والبحث عن نظم تسخين وتبريد جديدة. وسوف تُستأنف المحاولة في شهر إبريل من عام 2016.

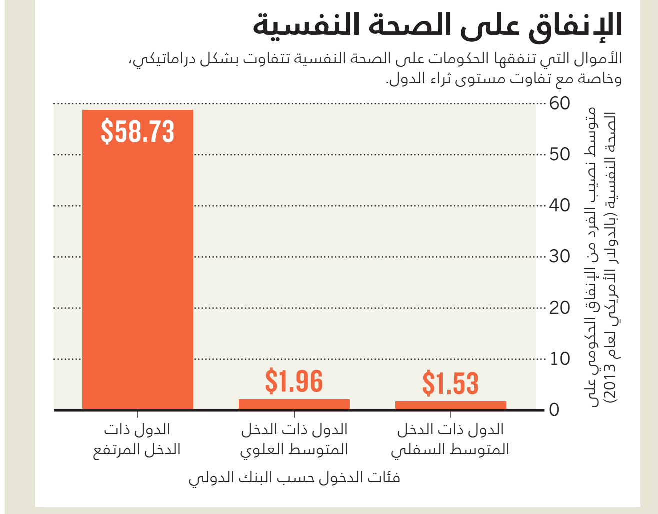
مشكلة في روسيا

ستُغلَق منظمة "ديناستي" الروسية الخاصة ـ المعنيّة بتمويل الأبحاث ـ نهائيًّا، بعدما اعتبرتها وزارة العدل الروسية "عميلًا أجنبيًّا". قالت المؤسسة ـ التي تدعم المئات من الباحثين الروس الصغار، عبر موقعها الإلكتروني ـ إن قرار الغلق اتُّخِذ خلال اجتماع مجلس الإدارة في الخامس من يوليو الماضي. أمّا الوصف الذي يحمل اتهامًا ضمنيًّا بالجاسوسية، فقد جاء بموجب قانون صدر في عام 2012، ويتم توجيهه إلى المنظمات غير الحكومية التي تتلقى تمويلًا من الخارج، حيث يتم اعتبارها منظمات منخرطة في "أنشطة سياسية" غامضة. للاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/jw7xbl

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأخبار من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc

مراقبة الاتجاهات

أعلنت منظمة الصحة العالمية في الرابع عشر من يوليو الماضي عن وجود تفاوت كبير في موارد الصحة النفسية. يكشف أطلس الصحة النفسية (إصدار عام 2014) عن قلة الإنفاق العالمي في هذا المجال، خصوصًا أن واحدًا من كل عشرة أشخاص يعانون من اضطرابات نفسية. كما يذكر التقرير أن الدول تحقق بعض التقدم نحو أهداف خطة العمل التي وضعتها منظمة الصحة العالمية في عام 2013. تتضمن الأهداف زيادة الخدمات، والاهتمام ببرامج تحسين الصحة النفسية، والوقاية من الأمراض النفسية، وخفض معدلات الانتحار بنسبة 10% لكل 100 ألف شخص.



SOURCE: WHO

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أخبـــار في دائرة الضوء

تكنولوجيا حيوية شركات الأدوية تستخدم نُظُمًا مختبرية، لنمذجة الأعضاء على رقائق **ص. 21**

أمراض مُعْدِيَة تطوير سريع للقاح فعّال، يحدّ من انتشار الإيبولا في غرب أفريقيا **ص. 24**

علم الكواكب بعثة «ناسا» تجد عالَمًا يدور حول نجم يشبه الشمس **ص. 27**

أرصاد جوية العواصف الرعدية الليلية العنيفة صعبة التفسير، والتنبؤ بها أصعب **ص. 28**



NASA/JHUAPL/SWRI

يتغطى سطح بلوتو بأنواع مختلفة من الجليد، بما في ذلك القلب المميز.

علم الكواكب

رؤية بلوتو النابض بالحياة في رحلة تحليق تاريخية

ابتهاج العلماء بمشاهدة ولادة عالَم جديد.

ألكسندرا ويتز

بالرغم من وجود بلوتو، وقمره الضخم (شارون) بعيدًا عن الشمس بمسافة 5 مليارات كيلومتر، ووقوعهما في الظلام القاتم على أطراف المجموعة الشمسية، لكن اتضح أنهما يحملان عوالم حيوية مذهلة، حيث تكشف الصور التي التقطتها مركبة «ناسا» الفضائية «نيو هورايزونز»، التي حلَّقت على بعد 12,500 كيلومتر عن بلوتو يوم 14 يوليو الماضي، عن وجود سهول متجمدة، وجبال مرتفعة، ونشاط جيولوجي لم يكن يتوقعه أحد. «ما لم أتوقعه هو وجود عالم ديناميكي في بلوتو، وشارون»، هكذا تحدث مارك سايكس، مدير معهد علوم الكواكب في توكسون، أريزونا، وأضاف: «مَن كان يتوقع أن يرى هذه السطوح اليافعة؟ إنها مذهلة للغاية ورائعة».

أظهرت أولى الصور عالية الدقة التي أرسلتها مركبة «نيو هورايزونز» جبالًا جليدية عملاقة في نصف الكرة الجنوبي لبلوتو، يبلغ ارتفاعها أكثر من 3,500 متر. وتبين الإشارات القادمة من القمر أنها بمثابة ارتفاع مصنوع من المياه المتجمدة، فهي المواد الوحيدة التي يمكن أن تدعم مثل هذه الارتفاعات الكبيرة في درجات حرارة بلوتو شديدة البرودة، الأقل من 223- درجة مئوية، أي 50 درجة مئوية فوق الصفر المطلق. كما يمكن أن تشكل الحافات المشرقة بالقرب من القمر ـ التي سُميت باسم المستكشِف النيبالي تينزينج نورجاي ـ طبقة جديدة من النيتروجين المجمد، أو أنواعًا أخرى من الجليد.

يظهر كل مَعْلَم جديد تقريبًا بشكل جليدي مميز. ويعرف علماء الكواكب من خلال المراقبة الأرضية أن سطح بلوتو يحتوي على النيتروجين، والميثان، وأول أكسيد الكربون الجليدي. وقد كشفت الصور عن مواقع هذه التكوينات الصقيعية، كما كشفت عن سلوكها. ويظهر تركيز أول أكسيد الكربون الجليدي على شكل قلب مميز وساطع، حيث يُطلق عليه اسم غير رسمي، هو «تومبو ريجيو»، نسبةً إلى مكتشف بلوتو كلايد تومبو. وقد يكون لون الغطاء القطبي الأحمر الداكن لشارون سببه قصف الأشعة فوق البنفسجية، الذي يتعرض له سطح القمر، حيث تتحول الثلوج إلى مركّبات عضوية معقدة.

يوجد عدد قليل من الفوهات الصدمية على بلوتو، وشارون، بينما الأجرام الأخرى في المجموعة الشمسية، مثل القمر والأرض، قد شُوهت لمليارات السنين، بسبب النيازك التي أمطرت سطحها. ويبدو أن بلوتو لديه بعض الفوهات، لكنها ليست كثيرة، كما كان يُتوقع. أما شارون، فيبدو أنه تعرَّض لصدمات أجرام أكثر من بلوتو بقليل، وبرغم ذلك.. فهو يحمل فوهات أقل. وقد فسر بعض علماء الكواكب هذا النقص في الفوهات بأن السطوح لا تزال في مرحلة الشباب اليافع من الناحية الجيولوجية، حيث لا يتجاوز عمر السهول الصقيعية التي تمتد بالقرب من سلاسل بلوتو الجبلية أكثر من 100 مليون سنة، وهو جزء بسيط من العمر الطبيعي لكوكب قزم، حيث يصل إلى مليارات السنين، حسب قول جيفري مور، عالِم الكواكب في مركز أبحاث «أميس»، التابع لوكالة «ناسا» في موفيت فيلد، بولاية كاليفورنيا، الذي يترأس فريق الجيولوجيا لبعثة «نيو هورايزونز».

هذا.. ويجب على الباحثين الآن العمل على معرفة معدل تصادم الأجرام مع بلوتو، وشارون طوال تاريخهما على وجه الدقة، حيث إنه على عكس المجموعة الشمسية الداخلية (منطقة الأرض والقمر والمريخ)، فإن المجموعة الشمسية الخارجية تميل إلى أن تكون ذات كثافة سكانية منخفضة، مع المزيد من الفراغ بين الأجرام التي تحلِّق حولها. تقول فيرونيكا براي، عضو الفريق، وهي عالمة في جيولوجيا الكواكب في جامعة أريزونا في توكسون.

وقد اصطدم العلماء بحقيقة وجود حدود قاطعة بين الظلام والتضاريس المتهالكة، وسطوع «تومبو ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ريجيو». تقول إلين ستوفان في هذا الصدد، وهي كبيرة علماء «ناسا»: «بلوتو هو مكان حقيقي، له جيولوجيا معقدة بشكل مدهش، فهو جميل وغريب في آن واحد». ولقد فتن الباحثون بالقدر نفسه بأكبر أقمار بلوتو، وشارون، الذي يملك غطاءً قطبيًّا مظلمًا ـ أطلق عليه اسم «موردور» ـ فضلًا عن الهوة التي يُقَدَّر عمقها بتسعة كيلومترات. وربما تكون هذه الأخاديد قد تشكلت من محيطات قديمة متجمدة مدفونة، دفعت بسطح شارون إلى الخارج، حسب تفسير فرانسيس نيمو، وهو أحد أعضاء الفريق، وعالم الكواكب في جامعة كاليفورنيا في سانتا كروز، الذي يقول: «إن حقيقة ظهور هذه الأخاديد العميقة على شارون تتسق مع وجود محيطات قديمة متجمدة». وقد يحتوي بلوتو نفسه على محيط مدفون حتى اليوم، وقد بقي سائلًا عن طريق تدفئة العناصر المشعة الأسيرة في نواة الكوكب القزم. وتوجد أجرام جليدية أخرى في المجموعة الشمسية الخارجية ـ مثل «إنسيلادوس»، (قمر زحل)، الذي لديه فورات نشطة ـ تسخن بواسطة قوى الشد المدِّيَّة للكوكب الغازي العملاق المجاور، إلا أن بلوتو ـ الذي قاست بعثة «نيو هورايزونز» قطره؛ فوجدته حوالي 2,370 كيلومترًا ـ لا يوجد لديه مثل هذا الجار العملاق، ولذلك.. فإنه يسخن بواسطة الحرارة الداخلية الذاتية فقط.

جَمَعَت بعثة «نيو هورايزونز» تقريبًا كل أرصادها المهمة خلال 24 ساعة، بينما كانت تعبر بجوار بلوتو. وسوف تصل هذه البيانات خلال فترة 16 شهراً المقبلة إلى الأرض. وتتضمن النتائج الأولية أن بلوتو ليس لديه أي أقمار تابعة أخرى غير أقماره الخمسة المعروفة، على الأقل في دائرة قطرها 1.5 كيلومتر. كما أن الأجهزة الموجودة في مركبة «نيو هورايزونز» رصدت أيونات نيتروجين هاربة من الغلاف الجوي لبلوتو، في مسافة أبعد مما كان متوقعًا لكوكب قزم، مثل بلوتو. وقد نستنتج من هذا أن بلوتو كان يحكم قبضته على غلافه الجوي أقل مما كان يَعتقد العلماء، حسب قول عضو الفريق فران باجنال، وهو فيزيائي الفضاء في جامعة كولورادو بولدور. ويضيف قائلًا إنه بينما ينجرف غلاف بلوتو الجوي بعيدًا عنه، ربما مرت أجزاء منه في محيط جاذبية شارون، ثم تكاثفت في الغطاء القطبي المظلم المشاهَد هناك في شارون.

«كنتُ أعلم أنه رائع، لكنني لم أكن أعرف أنه بهذه الدرجة من الروعة».

كلفت بعثة «نيو هورايزونز» الولايات المتحدة 720 مليون دولار لتقطع ملايين الكيلومترات، وتصل إلى الجانب الآخر من بلوتو، وتبحر في الفضاء السحيق. وإحدى المهام الرئيسة للفريق الآن هي اتخاذ القرار بحلول شهر أغسطس هذا العام، بشأن أي من الجُرْمين الآخرين ستمدد «ناسا» مهمة التحليق حوله في السنوات المقبلة. وفي نوفمبر القادم، سيشغل مهندسو بعثة «نيو هورايزونز» محركات المركبة؛ لجعلها تنحرف باتجاه الهدف الذي سيتم اختياره.

أحد المرشحين يُعتبر أسهل وصولًا، لكنه أقل إثارة للاهتمام، في حين أن الآخر يتطلب المزيد من الوقود، لكنه أكثر إثارة للاهتمام، بسبب كونه أكثر سطوعًا، وبالتالي ربما أكبر. وينشغل العلماء في الوقت الحالي بلوتو، وشارون. يقول كيلسي سنجر، عضو الفريق، وعالِم الكواكب في معهد أبحاث الجنوب الغربي في بولدور: «كنت أعلم أنه رائع، لكنني لم أكن أعرف أنه بهذه الدرجة من الروعة». ■

NASA/JHUAPL/SWRI

50 كم

سَهْلٌ على سطح بلوتو، أُطلق عليه مؤقتًا اسم «سبوتنيك بلانوم»، وهو أملس بشكل مدهش.

NASA/JHUAPL/SWRI



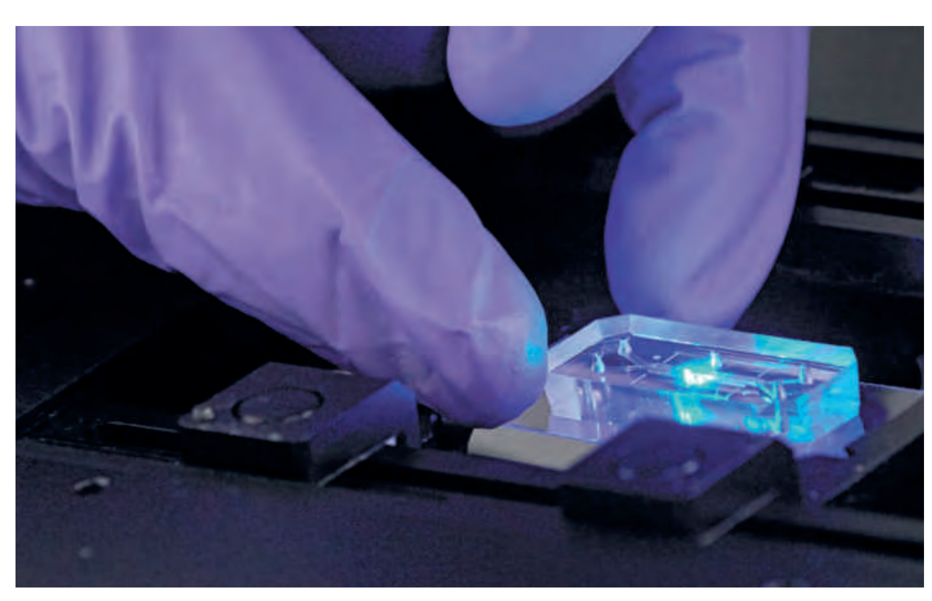
الجبال على حافة «قلب» بلوتو تشبه جبال الأرض، ولكنها مصنوعة من الجليد.

NASA/JHUAPL/SWRI

50 كم

القمة التي تقع في المنخفض على قمر بلوتو شارون حَيَّرَت العلماء.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



أجهزة مصغرة تحاكي أعضاء جسم الإنسان، يمكن أن تحل محل الحيوانات المستخدمة في اختبارات الأدوية.

تكنولوجيا حيوية

نمذجة الأعضاء على رقائق تصبح اتجاهًا سائدًا

شركات الأدوية تستخدم نُظُمًا مختبرية، لإظهار قدراتها.

سارة ريردون

إن الباحثين الذين يطوّرون نماذج مصغرة من الأعضاء البشرية على رقائق بلاستيكية يروّجون لتلك التقنية الناشئة، باعتبارها بديلًا لنماذج الحيوانات. وعلى الرغم من أن هذا الهدف ما زال بعيد المنال، إلا أنه أصبح محط اهتمام الكثيرين، كما بدأت شركات الأدوية الكبرى في استخدام تلك النظم المختبرية في تطوير الأدوية.

يقول بول فولتو، أحد مؤسسي شركة التكنولوجيا الحيوية «ميميتاس» Mimetas في لايدن بهولاندا: «إننا متحمسون للغاية بشأن الاهتمام الذي لاقيناه من شركات الأدوية». ويضيف: «لقد حدث الأمر بشكل أسرع مما كنت أتوقع». تعمل «ميميتاس» حاليًا مع اتحاد من ثلاث شركات أدوية كبيرة، تقوم باختبار الأدوية على نموذج للكلية، مُصَنَّع على رقاقة من إنتاج ميميتاس، وفي المؤتمر العالمي لنمذجة الأعضاء على الرقائق، الذي انعقد في بوسطن، ماساتشوستس، في يونيو الماضي، كانت شركة «ميميتاس» واحدة من ضمن شركات الأدوية وشركات التكنولوجيا الحيوية العديدة، بالإضافة إلى الباحثين الأكاديميين، الذين يعرض كل منهم أحدث التطورات في نماذج الأعضاء المصغرة، التي تستجيب للأدوية والأمراض بالطريقة نفسها لأعضاء جسم الإنسان، مثل القلب، والكبد.

يقول داشيانت داناك، الرئيس الدولي لعلوم الاكتشاف بشركة جونسون آند جونسون في ولاية نيوجيرسي: «إننا مندهشون من سرعة تطور التقنية». كانت الشركة قد أعلنت في يونيو الماضي أنها ستستخدم نموذجًا لتجلط دموي مُصَنَّع على رقاقة من قِبَل شركة التكنولوجيا الحيوية «إيميوليت» Emulate بماساتشوستس، لاختبار تَسَبُّب الأدوية التجريبية، أو تلك المصرح بها بالفعل في حدوث جلطات دموية، أم لا.

يقول المؤيدون لاستخدام نماذج الأعضاء المصنعة على الرقائق إنها محاكاة أكثر واقعية لجسم الإنسان، بالمقارنة بطبقات مسطحة من الخلايا المزروعة في أطباق بتري، كما يمكن أيضًا أن تكون لها فائدة أكبر من نماذج الحيوانات فيما يتعلق باكتشاف الدواء واختباره. وعلى سبيل المثال.. يمكن لنموذج الرئة المُصَنَّع على رقاقة أن يتكون من طبقة من الخلايا المُعرَّضة لوسط مشابه للدم من جهة، وللهواء من الجهة الأخرى، موصّلة بماكينة تمدد الأنسجة، وتضغطها لمحاكاة عملية التنفس.

«إننا مندهشون من سرعة تطور التقنية».

وبينما تعمل شركات في الوقت الحالي على تطوير رقائق تحاكي الأعضاء المريضة، نجد أن غالبية الشركات الأخرى ما زالت تختبر كون الأدوية الحالية تعمل في الرقائق كما بالأنسجة البشرية السليمة، أم لا. وسواء استُخدمت الرقائق أو غيرها، يجب اختبار أي دواء جديد أولًا على بشر أصحاء، من أجل ضمان السلامة، وذلك حسب قول جيمس هيكمان، المتخصص في الهندسة الحيوية في جامعة سنترال فلوريدا بأورلاندو. ويمكن لاستخدام عضو مختبري أن يسهم في إلغاء تلك الخطوة، أو اختصارها.

ويمكن أيضًا للرقائق أن تساعد شركات الأدوية في تحديد جرعة الدواء الفعّالة والآمنة، حسب قول ماثيو واجونير، الباحث المتخصص في مجال سلامة الدواء في شركة «أسترازينيكا» AstraZeneca في والثام بولاية ماساتشوستس. وفي حال قبول الجهات المُنظِّمة بتلك البيانات، يمكن أن يسمح ذلك الأسلوب بالتبعية لشركات الأدوية أن تتخطى جزءًا من التجارب الإكلينيكية، التي يتم من خلالها اختبار نطاق واسع من جرعات الدواء على المرضى.

هذا.. ويُقْبِل باحثون آخرون على استخدام رقائق نماذج الأعضاء، لتسليط الضوء على الفروق بين نماذج الحيوانات، وتلك التي تحاكي البشر. يعلِّق أدريان روث ـ رئيس أبحاث سلامة التجارب المختبرية في شركة «روش» في بازل بسويسرا ـ قائلًا إن إجراء مثل هذه المقارنات كان مفيدًا عندما تبين أن أحد الأدوية التجريبية الخاصة بشركة «روش» سبَّب أورامًا كبدية في الفئران. فقد استخدمت الشركة البيانات المستقاة من النماذج المختبرية لكبد الإنسان، وكبد الفأر، كحجة تثبت أن الآلية التي تسبب أورام الكبد تقتصر فقط على القوارض، وينبغي ألا يمنع ذلك إجراء الدراسات على البشر، غير أن بعض مستخدمي الرقاقة قلقون من أن هذه الضجة تستبق الواقع. ويعلِّق روث على خطورة ذلك الأمر قائلًا إنه يمكن للشركات أن تتخلى عن تلك التقنية، إذا فشلت في الارتقاء إلى مستوى التوقعات المُبَالَغ فيها، مثلما حدث مع استخدام علم الجينات في مجال الطب الشخصي. ويقول روث: «باعتبارك تنتمي إلى شركة أدوية، فعليك أن تكون واقعيًّا جدًّا»، وألا تتوقع من الرقائق أن تحل محل الحيوانات فورًا».

وثمة أسباب تدفعك إلى التردد.. فقد تَحَقَّق كثير من العارضين في اجتماع بوسطن من صحة نماذج الأعضاء الخاصة بهم، من خلال إظهار أنها تستجيب للأدوية، كما يستجيب العضو البشري. فعلى سبيل المثال.. يمكن اختبار نموذج القلب، لملاحظة تسارع نبضاته بعد استخدام جرعة من الأدرينالين من عدمها، غير أن مثل تلك الاختبارات لا تعكس التعقيد الكامل لوظائف العضو، كما أن الرقائق قد تواجه صعوبات في محاكاة جوانب العمل التي تحكمها إشارات معقدة تصدر من الغدد الصماء وجهاز المناعة مثلًا.

يضيف روث قائلًا إنه حتى اختبار دواء معروف في نظام مكون من رقائق تحاكي عدة أعضاء معًا، قد يكون من الصعوبة التحقق من صحة نتائجه، حيث إن الباحثين قد لا يكونون على دراية بما ينبغي البحث عنه. فعلى سبيل المثال.. التأثير السام المحتمل لمُسَكِّن الألم «باراسيتامول» على الكبد له سمات مميزة، لكن المعرفة المتاحة عن كيفية استجابة الأعضاء الأخرى لهذا الدواء قليلة.

ومع ذلك.. نجد شركات أدوية عديدة تقول إن مسألة نمذجة الأعضاء على رقائق أصبحت الآن متقدمة بما يكفي لاستحقاق الاستثمار في عملية استخدامها، والعمل على تطويرها. تقول ميشيل براونر، كبيرة مديري منصة الإبداع بشركة «جونسون آند جونسون»، حيال هذا الأمر: «نحن نعتقد أن مشاركتنا مهمة». وتضيف قائلة إن تلك هي الطريقة الوحيدة التي يمكن أن تتطور بها التقنية بما يتماشى مع احتياجات الشركة.

وقد أبدى المنظِّمون الحكوميون اهتمامهم كذلك، فبحلول موسم الخريف، سيقوم المركز الوطني الأمريكي للنهوض بالعلوم العابرة (NCATS) في بيثيسدا بولاية ميريلاند بتجميع العلماء الأكاديميين، وشركات الأدوية، والجهات المنظمة، من أجل مناقشة استخدامات الرقاقات. كما يموِّل المركز 11 فريقًا بحثيًّا، يعمل كل منها على تطوير عضو أو نظام مختلف، وسيتم ربطها أخيرًا معًا؛ لبناء نموذج لجسم بشري كامل على رقاقة. ■



BEN SIMON/AFP/GETTY

عاملة صحة تُطعِّم طفل بلقاح فيروس شلل الأطفال في كانو، شمال نيجيريا في عام 2013.

الصحة العامة

حقنة ذكية تجعل نيجيريا على مقربة من اجتثاث مرض شلل الأطفال

تَبَنَّتْ نيجيريا أحدث أبحاث وأساليب التطعيم المبتكرة

إوين كالاواي

قبل ثلاث سنوات فقط، كانت نيجيريا مسرحًا للجهود العالمية لاجتثاث مرض شلل الأطفال. وسجلت نيجيريا ـ وهي أكثر دولة مأهولة بالسكان في أفريقيا ـ 122 حالة إصابة بالمرض في عام 2012، وهو عدد أكبر من مجمل الحالات في باقي الدول مجتمعة. وإلى جانب ذلك.. تزايَد حنق ممولي حملة القضاء على المرض، مع ترنح جهود اجتثاثه، وتصدير حالات الإصابة. أما الآن، فنيجيريا على وشك أن تصبح خالية من الفيروس، بفضل تبنِّيها لأساليب تطعيم مبتكرة، ولبرامج الصحة العامة.

في الرابع والعشرين من يوليو الماضي، أكملت نيجيريا عامها الأول منذ سُجِّلت فيها آخر حالات المرض التي نجمت عن الإصابة بفيروس شلل الأطفال الجامح، (قد تكون نُسَخ متحورة من سلالات الفيروس الحي ما زالت منتشرة في المناطق التي تتسم بضعف التطعيم، ولكنها تبقى أسهل للمكافحة من الفيروس الجامح). وإذا تحقق ذلك.. فستكون هذه العلامة بمثابة دخول لمرحلة اجتثاث شلل الأطفال رسميًّا من أفريقيا ـ ذلك الاجتثاث الذي يمكن إعلانه، بعد أن تخلو المنطقة من الفيروس لثلاث سنوات متعاقبة ـ وبذلك تبقى باكستان، وأفغانستان المنطقتين الوحيدتين اللتين تؤويان فيروس شلل الأطفال الجامح.

بدأ دفع الجهود العالمية لاجتثاث الفيروس في عام 1988، عندما سُجِّلت 350 ألف حالة حول العالم. وبحلول عام 1994، أصبحت الولايات المتحدة الأمريكية خالية من الفيروس. وفي مستهل عام 2000، دحرت أوروبا ومعظم الدول الأفريقية الفيروس (وتلتها الهند في وقت متأخر، حيث سُجلت الحالة الأخيرة لديها في عام 2011)، إلا أن الفيروس بقي موجودًا في أقسام من آسيا وأفريقيا، وكانت معظم حالات الإصابة في شمال نيجيريا. وقد انتشرت شائعات، مفادها أن اللقاح يسبب العقم، فأدَّت إلى مقاطعة عدة أقاليم في نيجيريا التطعيم في عام 2003، وأسهمت تلك الشائعات في زيادة حالات الإصابة (انظر: «ازدياد فيروس شلل الأطفال، وانحساره»)؛ مما أدى إلى انتشار الفيروس مجددًا في بلدان عديدة في أفريقيا، وكذلك بعيدًا عن هذا الموطن، وصولًا إلى إندونيسيا.

برهن تغاضي الحكومة النيجيرية على كافة مستوياتها، أو الرضا بالوضع الراهن، على عدم اكتمال حملات التطعيم دائمًا. كما أدى تدهور الوضع الأمني في القسم الشمالي الشرقي للبلاد، حيث إن أجزاء كبيرة كانت وما زالت تحت سيطرة الجماعة الإسلامية المسلحة (بوكو حرام)، إلى جعْل الأمور أكثر سوءًا. و«إذا أردتَ معرفة مكمن الخلل في مواجهة مرض شلل الأطفال، فهذا هو المكان الذي عليك القدوم إليه»، حسب وصف شخص متقاعد، كان يعمل في حملة اجتثاث هندية ناجحة للمرض في ديسمبر من عام 2012، بينما كان يعمل في الحملة النيجيرية.

نجحت ضغوط من بلدان أفريقية أخرى في النهاية في إقناع القادة النيجيريين أن يأخذوا فيروس شلل الأطفال على محمل الجد، حسب قول هايدي لارسن، وهي باحثة في علم الإنسان تدرس التطعيم في كلية لندن لعلم الصحة والطب الاستوائي. وبسبب أن رجال الدين والقادة التقليديين في الجزء الشمالي ذي الأغلبية المسلمة كانوا لا يزالون يشهدون مزيدًا من الأطفال قد أصبحوا مُقْعَدين بسبب المرض؛ بدأوا في دعم اجتثاث شلل الأطفال، بدلًا من معارضته.

ضبط المسار

في عام 2012، أنشأت نيجيريا مركزًا قوميًّا لعمليات الطوارئ، بغرض تنسيق الجهود؛ لمكافحة فيروس شلل الأطفال، بين الحكومة والمنظمات الدولية، مثل منظمة الصحة العالمية. ومن ثم، تبعت ذلك محاور مشابهة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

صعود وهبوط مرض شلل الأطفال

بعد أن بدأ عدد حالات الإصابة في الارتفاع في نيجيريا منذ عام 2000 وما تلاه، صدرت نيجيريا الفيروس حول العالم، لكن التوجه الذكي لبرامج الصحة العامة والتطعيم قَلَبَ الحال.

■ نيجيريا
■ باقي دول العالم
■ الإجمالي

عدد الحالات في نيجيريا كان في بعض الأوقات أكبر من مجمل عدد الحالات في كل الدول مجتمعة.

عدد الحالات

2,000
1,500
1,000
500
0

2014 2012 2010 2008 2006 2004 2002

*جميع الأرقام لفيروس شلل الأطفال الجامح فقط

SOURCE: GLOBAL POLIO ERADICATION INITIATIVE

في مقاطعات رئيسة في الشمال. وتحولت الجهود إلى مسح التجمعات السكانية التي أفلتت ـ على نحو روتيني ـ من حملات التطعيم، والتعرف عليها وتحديدها، مثل مجموعات الرُّحَّل المتنقلين، والأشخاص الذين يقطنون بالقرب من حدود الدولة، أو عند الحدود المحلية، بالإضافة إلى الذين رفضوا التطعيم. يقول مايكل جالاوي، الذي يقود جهود اجتثاث شلل الأطفال في مؤسسة «بيل وميليندا جيتس» من سياتل في ولاية واشنطن: «أصبح لدينا أفضل الخرائط لجميع مناطق شمال أفريقيا تقريبًا».

أدارت فِرَق التطعيم «خططًا مصغرة» مفصلة، حددت فيها كل بيت يجب زيارته، بينما عملت وحدات تحديد المواضع العالمية؛ لضمان تتبُّع المشرفين لهذه الخطط، حيث إنه في مناطق الشمال الشرقي ـ الواقعة تحت سيطرة مجموعة (بوكو حرام) ـ شن المسؤولون الرسميون حملات سريعة قصيرة؛ نجحت خلالها في تطعيم الأطفال في إطار إشعار عاجل، كلما أتاح الوضع الأمني ذلك.

يقول دانييل سانتونج ـ وهو متخصص ميداني نيجيري في علم الأوبئة، يعمل في إطار جهود معهد الوقاية ومكافحة الأمراض الأمريكي لمسح تجمعات السكان الرُّحَّل ـ إن معظم الناس من تجمعات «الفُولاني» الذين تعقَّبهم باتوا يرحبون بتطعيم الأطفال ضد مرض شلل الأطفال، وتمكنوا أيضًا من إقناع تجمعات سكانية أخرى كانت أكثر ترددًا في قبول التطعيم، وهذا في المخيمات الصحية التي توفر الرعاية والدواء للبالغين في المناطق النائية. ويضيف: «ما نفعله يجذبهم لإحضار أطفالهم للتطعيم».

أسهَم تبنِّي نيجيريا لأبحاث التطعيم كثيرًا في نجاحها في محاربة شلل الأطفال، حسب تعليق نيكولاس جراسلي، وهو متخصص في علم الأوبئة في الكلية الملكية في لندن. وعندما أظهرت النتائج الإكلينيكية أن اللقاح الفموي المضاد لنوعين من فيروس شلل الأطفال، ما زالا ينتقلان بصورته الجامحة، كان أكثر فعالية من اللقاح ضد الفيروس بسلالاته الثلاث[1]، تبنته حملات التطعيم النيجيرية فورًا. وفي العام الماضي، أرسلت نيجيريا لقاح شلل الأطفال ـ الذي يُعطى بواسطة الحقن ـ إلى أكثر من ثلاثة ملايين طفل في مناطق الخطر المرتفع، بعدما أظهرت الدراسات أن الأطفال الذين كانوا قد تَطَعَّموا باللقاح الفموي، تلقوا مناعة إضافية من الحقنة[2,3]. يقول جراسلي إن اللقاح المُعَدّ للحقن سيكون مهمًّا بشكل خاص عند اجتثاث آخر جيوب فيروسات شلل الأطفال المشتق منها اللقاح.

ومع افتراض أنه لن تُسَجَّل أي حالات إصابة بالفيروس بعد يوليو 2014، سيجري تحليل عينات من مناطق مختلفة حول نيجيريا، لتتبُّع وجود أي أثر للمرض. وإذا لم يتم اكتشاف أي علامات، عندها سيُحذف اسم نيجيريا من قائمة الدول المتوطن فيها فيروس شلل الأطفال. وغالبًا سيحدث ذلك في نهاية سبتمبر الحالي، حسب قول حميد جعفري، مدير المبادرة العالمية لاجتثاث مرض شلل الاطفال في منظمة الصحة العالمية. وعندها، بالإمكان إعلان أفريقيا خالية من المرض مع حلول أغسطس 2017، أي بعد 3 سنوات من اكتشاف آخِر حالة إصابة بالفيروس في الصومال في أغسطس 2014، التي نجمت عن دخول الفيروس إلى الصومال من نيجيريا.

وبعد إعلان خلو أفريقيا من الفيروس، سيتحول الاهتمام في الغالب إلى باكستان، وأفغانستان، حيث تم تسجيل 29 حالة إصابة بالفيروس في الدولتين مجتمعتين حتى الآن خلال هذا العام، وهو تحسُّن كبير، مقارنةً بالعام الماضي. كانت 25 حالة من هذه الحالات في باكستان، التي افتتحت مؤخرًا مركز عمليات طوارئ على غرار النموذج النيجيري، حسبما أشار جالاوي. وتشير لارسون إلى أن النجاح في تطعيم الأطفال في المناطق التي تسيطر عليها (بوكو حرام) يشير إلى أن التحديات الأمنية في أفغانستان وباكستان هي الأخرى ليست بالمستحيلة. ويضيف ديفيد هيمان، رئيس الصحة العامة في إنجلترا، والمدير السابق لبرنامج اجتثاث شلل الأطفال في منظمة الصحة العالمية: «أعتقد أن اجتثاث مرض شلل الأطفال سيستمر»، لكن يجب على نيجيريا ألا تتهاون، حسب قول جعفري، الذي يضيف: «من الواضح أننا نحتاج إلى المزيد من جهود الرصد، لنطمئن على توقُّف انتقال الفيروس»، مشيرًا بذلك إلى أن المناطق النائية لدول تشاد، والنيجر، والكاميرون المجاورة لم تحصل على المستوى ذاته من الاهتمام الذي نالته نيجيريا على صعيد عمليات رصد الفيروسات والتطعيم. ويوافقه على ذلك جالاوي، قائلًا: «إن أكبر خطر نواجهه هنا هو التقهقر للخلف، والادعاء أننا انتهينا من المهمة، بينما لم ننجزها بالفعل». ■

1. Sutter, R. W. *et al. Lancet* **376,** 1682–1688 (2010).
2. Jafari, H. *et al. Science* **345,** 922–925 (2014).
3. John, J. *et al. Lancet* **384,** 1505–1512 (2014).



تجربة إكلينيكية مميزة في غينيا، قد تكون بمثابة نموذج يُستخدم وقت تفشي أي مرض مجددًا في المستقبل.

SEAN HAWKEY/WHO

أمراض معدية

تجــارب على الإيبــولا

تطوير سريع للقاح فعّال يحدّ من انتشار الوباء في غرب أفريقيا، ويؤثر على سياسة التجارب الإكلينيكية.

دكلان باتلر، وإوين كالاواي، وإريكا تشيك هايدن

حين انتشر فيروس الإيبولا في غرب أفريقيا في شهر ديسمبر من عام 2013، متسببًا في نشوب أكبر حادثة تفشٍّ لمرض الإيبولا على الإطلاق، لم يتوفر آنذاك لقاح أو دواء، ثبت أمانه وفاعليته؛ كي يستخدمه البشر. وبعد عشرين شهرًا فقط، ظهر لقاح يبدو فعالًا في منح الجسم حماية تامة ضد العدوى، وذلك حسب النتائج الأولية لتجربة أُجْرِيَت في غينيا، ونُشِرَت في يوم 31 من شهر يوليو الماضي (A. M. Henao-Restrepo *et al*. *Lancet* http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)61117-5;2015). تلقي دورية Nature الضوء على تأثير نجاح التجربة على التفشي الحالي للمرض، الذي قضى على أكثر من 11 ألف شخص، وكذلك كيفية إجراء التجارب الإكلينيكية إبان تفشي أي مرض مجددًا في المستقبل.

كيف اكتُشِف اللقاح؟

يتكون اللقاح المسمى «rVSV-ZEBOV» من فيروس حي مهندَس وراثيًّا، ليظهر وكأنه فيروس الإيبولا (انظر: «سادة التَّخَفِّي»)، طوَّرته وكالة الصحة العامة الكندية، وهو مرخص باسم شركة المستحضرات الدوائية «ميرك»، واختبرته هيئة تعاون دولية مكونة من ممولين، وعلماء، وشركات، ومنظمات، وحكومات، ومن ضمنهم منظمة الصحة العالمية. وقد نُفِّذت التجربة الإكلينيكية في غينيا، حيث تفشى المرض في البداية، واستخدَمت نهجًا حلقيًّا، لتطعيم من هم في دائرة المرض المصابين بالفيروس - مثل أفراد البيت الواحد - وكذلك أي شخص كان على اتصال بهؤلاء. وتألفت تلك الحلقات من مجموعتين: واحدة تلقَّت تطعيمًا فوريًّا، والأخرى تَلَقَّتْه بعد مرور ثلاثة أسابيع.

إلى أيّ شيء خلُصت التجربة؟

من بين 2014 شخصًا وُجدوا في محيط 48 مصابًا بفيروس الإيبولا، وتلقَّوا اللقاح فورًا، لم يُصَب أي منهم بالفيروس خلال العشرة أيام التالية؛ وهو الوقت الكافي لتكوين الجسم لأي ردّ فعل مناعي للقاح، وكذلك لظهور أي أعراض للإيبولا نتيجة عدوى سابقة. (وقد ظهر المرض لدى عدد قليل من الأشخاص، بدايةً من يوم واحد إلى عشرة أيام بعد التطعيم). ومقارنة بذلك الذي حدث، خلال هذه الفترة الزمنية نفسها، أصيب بالعدوى 16 شخصًا من بين 2,380 شخصًا من الأشخاص المحاطين بـ42 مصابًا بفيروس الإيبولا في المجموعة الضابطة. وبذلك اعتُبِر أن اللقاح قد وفَّر حماية من الفيروس بنسبة 100% في هذه التجربة.

لا تبدو نسبة 100% واقعية

هي في الغالب حقيقية؛ فالدراسة كانت صغيرة نوعًا ما، ولذا.. قد يكون معدل الحماية الحقيقي أقل من ذلك بقليل، حسب قول ماري-بول كيني، مساعدة المدير العام لأنظمة الصحة والابتكارات لدى منظمة الصحة العالمية. واعتبَرت لجنة مستقلة لمراقبة التجربة أن النتائج الأولية مقنِعة للغاية، إلى حد أن أُلْغيت المجموعة الضابطة في التجربة في يوم 26 من شهر يوليو الماضي، وتلقَّى جميع الأشخاص المحيطين بالمصابين التطعيم فورًا. ومن شأن ذلك أن يقدم المزيد من البيانات حول مستويات الحماية الحقيقية، ولكن هناك بالفعل حماس متزايد حيال هذا اللقاح، إذ يقول جيس جودمان، وهو مسؤول سابق لدى إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA)، ويعمل الآن في جامعة جورجتاون بواشنطن العاصمة: « النتائج المعلَنة مدهشة، فحتى لو كانت هناك بالفعل بعض الإشكاليات حول الدراسة، لا يزال هناك احتمال كبير أن يكون اللقاح فعالًا».

ما المدى الزمني لبقاء اللقاح فعالًا؟

الإجابة على هذا السؤال غير معروفة. فقد صُمِّمت التجربة لبحث ما إذا كان التطعيم الحلقي يساعد في كبح جماح الفيروس، أم لا، وبَحْث ما إذا كانت أسابيع الحماية المعدودة التي يوفرها اللقاح تفي بهذا الغرض، أم لا. يقول أدريان هيل، مدير معهد جينيفر في جامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة، الذي شارك في اختبار لقاح آخر للإيبولا: «هذه أخبار جيدة بالنسبة إلى موجة انتشار المرض الأخيرة»، ولكنه يشير إلى أنه يبقى أمامنا أن نكتشف إذا كانت الحماية ستدوم لفترة أطول، أم لا. ويضيف: «هل سيبقى اللقاح فعالًا بعد مرور ستة أشهر؟ لا توضح التجربة الإكلينيكية هذا الأمر». إن هناك حاجة إلى لقاح يوفر مناعة على مدى أبعد - على مدى الحياة على أفضل تقدير - لمنح العاملين في المجال الصحي مناعة مستمرة، وكذلك المجموعات الأخرى التي تقع في دائرة الخطر العالي وقت تفشي المرض، أو لتطعيم تجمُّعات سكانية على نطاق واسع في حال توطن الفيروس. وتختبر تجارب أخرى للقاح ـ كتلك المشترك فيها هيل ـ حماية لمدى أبعد، إلا أن هبوط عدد حالات الإيبولا إلى 20-30 حالة أسبوعيًّا خلال الأشهر القليلة الماضية يعني أن هذه التجارب قد تجد صعوبة في التوصل إلى نتائج واضحة.

هل يستطيع لقاح rVSV-ZEBOV أن يسهم في الحدّ من انتشار الوباء في غرب أفريقيا؟

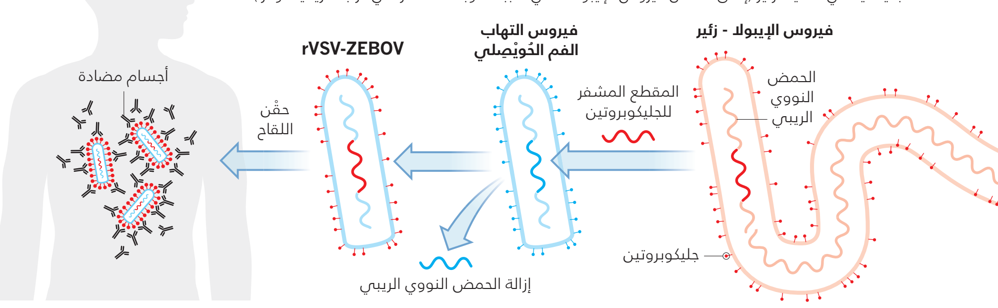
سيستمر استخدام اللقاح في غينيا كجزء من التجربة الإكلينيكية، ويأمل كثير من الباحثين أن يبدأ استخدامه كذلك في ليبيريا، وسيراليون؛ للحدّ من انتشار الفيروس، فبالرغم من هبوط عدد الحالات، إلا أن خطر اندلاع العدوى مرة أخرى ما زال قائمًا، وكذلك الانتشار إلى البلدان المجاورة، ولكن لا بد من التخلص من بعض الحواجز التنظيمية أولًا. يقول جريجوري هارتل ـ وهو متحدث باسم منظمة الصحة العالمية ـ إن استخدام اللقاح في تلك الدول قد يحدث كجزء من نظام تجربة إكلينيكية موسعة، أو عبر تصريح طارئ مِن قِبَل السلطات التنظيمية. وتبحث السلطات هناك حاليًّا ما إذا كانت البيانات المتوفرة حتى الآن كافية لترخيص اللقاح للاستخدام خارج نطاق التجارب الإكلينيكية، أم لا. وقد تستغرق عملية البحث هذه عدة أسابيع، وربما عدة أشهر، حسب تقدير منظمة الصحة العالمية.

هل إجراء تجربة إكلينيكية خلال تفشي المرض أمر غير عادي؟

بالفعل هو كذلك. فعادةً يستغرق الحصول على تصريح التجارب الإكلينيكية من قِبَل السلطات التنظيمية عدة سنوات، وكذلك الأمر بالنسبة إلى اتباع إجراء المعيار الذهبي للتجارب الإكلينيكية العشوائية والمضبوطة، مما يعني أن تفشي المرض غالبًا ما ينتهي قبل أن تبدأ التجارب من الأساس. كما أن التجارب الإكلينيكية عادة ما تُجرى في مستشفيات الأبحاث ذات التجهيزات الجيدة. وبشكل عام، يُعتبر إجراء التجارب النوعية مستحيلًا في ميدان الحدث مع الانتشار الفتاك للفيروس (انظر دورية *Nature* **513**, 13-14;2014)، لكن ضرورة دراسة وحصر انتشار المرض جعلته ممكنًا. ففي سبتمبر من العام الماضي، وظَّف التعاون الدولي ـ بمساندة منظمة الصحة العالمية ـ كل ما هو ممكن؛ للإسراع باختبار العلاجات واللقاحات التي بدت واعدة عند اختبارها على الحيوانات، وأزال كافة التعقيدات، وابتكر تصميمات لتجارب قد توفِّر بشكل سريع البيانات الكافية؛ لترشيد الجهود في كبح جماح المرض. إن تجربة rVSV-ZEBOV هي إحدى التجارب التي نتجت عن هذه الجهود.

سادة التَّخَفِّي

يُصنع لقاح rVSV-ZEBOV من خلال عملية هندسة وراثية لنوع من فيروس التهاب الفم الحُوَيْصلي (VSV)، تم إضعافه، بحيث يحاكي فصيلة زائير (إحدى فصائل فيروس الإيبولا، التي سببت الوباء المنتشر في غرب أفريقيا مؤخرًا).



1. يقص الباحثون الحمض النووي الريبي، الذي يشفر الجليكوبروتين الموجود على سطح الفيروس، والذي يسمح للفيروس بالتعلّق بالخلايا البشرية.

2. ومن ثم يزيلون مقطع الحمض النووي الريبي، الذي يشفر البروتين الموجود على سطح فيروس التهاب الفم الحويصلي، ويستبدلون به الجليكوبروتين الخاص بفيروس الإيبولا.

3. يَخدع اللقاح الناتج جهاز المناعة في جسم الإنسان؛ ليصدر استجابة ضد فيروس الإيبولا - زائير.

هل بالإمكان تطبيق نهج المسار السريع على أمراض أخرى؟

يرى هيل أنه يمكن تطوير لقاحات ضد كثير من الأوبئة الأخرى بشكل سريع، ويوصي بتسريع الأبحاث على اللقاحات المضادة لمثل هذه المُمْرِضات، بحيث يمكن إجراء التجارب الإكلينيكية الآن؛ لاختبار سلامتها؛ ومن ثم تُخزَّن اللقاحات التي تُعتبر مقبولة، لتكون جاهزة لتوضع قيد اختبارات الجودة في وقت تفشي المرض. تشمل المُمْرِضات التي ترأس قائمة التهديدات الصحية: فيروس «ماربورج»، المنتمي إلى عائلة فيروس الإيبولا، والفيروسات التي تسبِّب المتلازمة التنفسية الشرق أوسطية (MERS)، وحمى لاسا، وفيروس شيكونجونيا.

هل هناك دروس مستفادة من نجاح تجربة لقاح rVSV-ZEBOV؟

نأمل أن توفر هذه التجربة نموذجًا للتعامل مع تفشي المرض في المستقبل. يقول هيل في هذا الشأن: «توضح التجربة أنه يمكن تطوير اللقاحات بشكل أسرع بكثير مما كان يستغرقنا الأمر في السابق». ويبدو أن هناك دعمًا على أعلى مستوى للتغيير. ومن جانبها، صرحت مارجريت تشان ـ المديرة العامة لمنظمة الصحة العالمية ـ في يوم 31 من شهر يوليو الماضي بأن المنظمة تعمل على تطوير «مخطط» للتطور السريع للمقاييس؛ لمواجهة تفشي المرض المحتمل في المستقبل. وتهدف الخطة إلى تقليص الوقت اللازم منذ اكتشاف المرض، حتى توفير التدابير المضادة إلى أربعة أشهر، أو أقل، كما ستتضمن تجهيز تصميمات التجارب، والتصاريح التنظيمية، قبل انتشار الفيروس. وتقول تشان: «لا نريد أن نرى الأطباء والمعالِجين مكتوفي الأيدي أبدًا بعد اليوم». ■

علم المناعة

شابَّة فِي صحة جيدة، بعد 12 سنة من توقُّفها عن تناول أدوية HIV

أطول حالة كُمُون للفيروس في طِفْلة معالَجة.

إريكا تشيك هايدن

ما زالت الفتاة الفرنسية، التي تبلغ من العمر ثمانية عشر عامًا، والتي أصيبت بفيروس نقص المناعة البشرية عند ولادتها، تتمتع بصحة جيدة منذ تناولها لآخر جرعة من الأدوية المضادة لفيروسات النسخ العكسي قبل 12 عامًا. وتُعتبر تلك أطول مدة يقضيها شخص ـ مصاب منذ الولادة ـ في كبت الفيروس بعد تناول العلاج، وبهذا.. فقد أحيت بعضًا من التفاؤل الذي سبق أن تحطم حين انتكست طفلة مسيسيبي بعد سنتين فقط من العلاج، بعد أن بدت في عام 2013 وكأنها قد شُفيت فعلًا من المرض بعلاج مبكر وقوي (انظر: دورية *Nature* http://doi.org/w2n;2014).

يقول آسْيير سايز-سيريون، الباحث بمعهد باستور في باريس، الذي عرض حالة الشابة الفرنسية في العشرين من يوليو الماضي في الملتقى السنوي للجمعية الدولية لنقص المناعة البشرية في فانكوفر بكندا: «في وقت ما، كان مفهوم كُمُون المرض مختلطًا بمفهوم الشفاء. لقد كانت التوقعات عالية جدًّا». ويقول عن عائلة الفتاة: «هم يفهمون أنّ هذا ليس شفاء من المرض، وإنما مرحلة كمون، ويعلمون أننا لا ندري ما الذي حدث بالضبط».

تثير هذه الحالة اهتمام الباحثين، الذين يأملون في معرفة المزيد عن المرض، وأفضل الأساليب لمكافحته باستخدام الأدوية المضادة للفيروسات. ويسعى المعنيون في هذا المجال إلى معرفة ما إذا كانت ثمة مواصفات يمكن استخدامها للتنبؤ بالأشخاص الذين قد يبقوا متعافين بعد توقف العلاج. لذلك.. يتعقب الباحثون الفرنسيون مجموعة من 20 بالغًا من المسيطرين بعد العلاج، يُطْلِقون عليهم اسم جماعة «فيسكونتي» VISCONTI (A. Sáez-Cirión *et al*. *PLoS Pathogens* **9**, e1003211; 2013)، استطاعوا السيطرة على الفيروس، وكَبْته، بعد توقُّفهم عن تناول مضادات الفيروس منذ 10 سنوات في المتوسط.

تختلف هذه الحالات عن مجموعة المسيطرين النخبة ـ وهم يمثلون حوالي 1% ـ الذين يعانون من فيروس نقص المناعة، ويستطيعون إبقاء الفيروس قيد المراقبة، على الرغم من أنهم لم يتلقوا أي علاج. وتُظهِر تلك المجموعة مواصفات جينية ومناعية مميزة، بالمقارنة بالمجموعة التي سيطرت على المرض بعد تناول العلاج.

> **«هذا ليس شفاء من المرض، وإنما مرحلة كمون، ولا ندري ما الذي حدث بالضبط».**

يقول المتخصص في دراسة الفيروسات، ستيفن ديكس، من جامعة كاليفورنيا بسان فرانسيسكو، إنه «يبدو أن هناك شيئًا مختلفًا» بين مجموعة المسيطرين، بعد تناول العلاج، ومجموعة المسيطرين النخبة، لكنه يشير إلى الفتاة الفرنسية وأشخاص آخرين ممن ينتمون إلى مجموعة المسيطرين، بعد تناول العلاج بقوله: «إنه لمن المستحيل إثبات إنْ كانوا سيبقون بخير في غياب العلاج، أم لا».

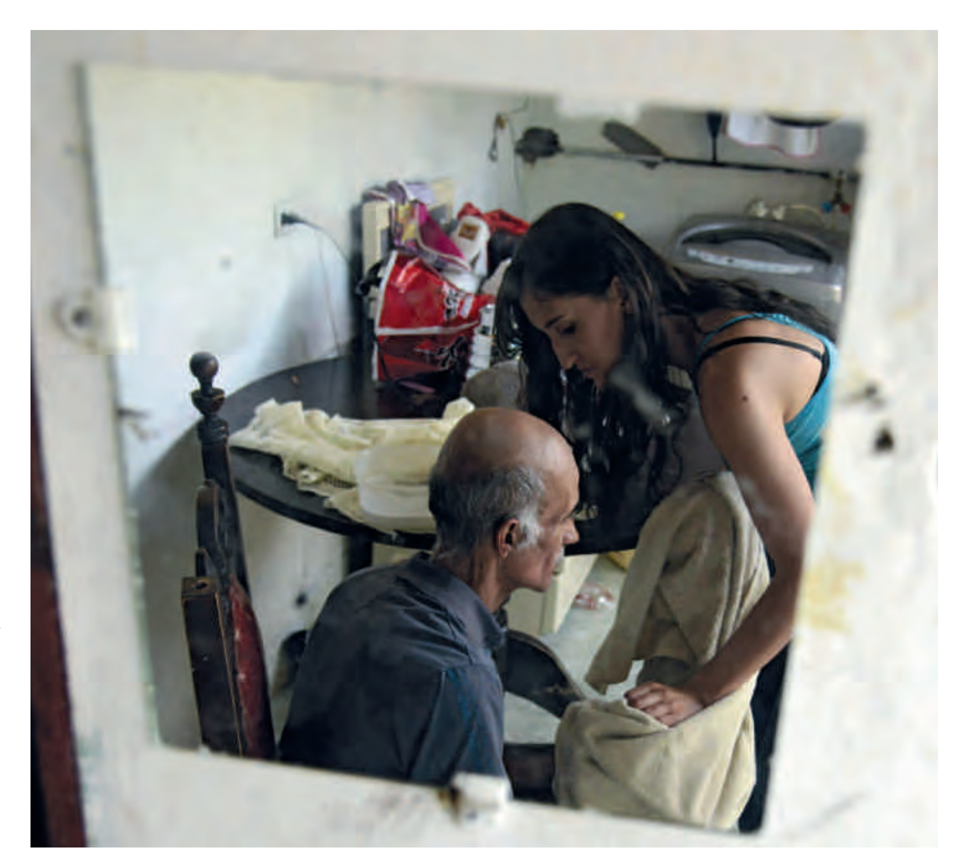
وأشار سايز-سيريون إلى أن الفتاة الفرنسية، مثل مجموعة «فيسكونتي»، لديها تنوعات خاصة في جينات الجهاز المناعي قد تكون هيَّأتها للإصابة بالعدوى الحادة مبكرًا. ولا يدرك الباحثون تمامًا كيف لهذه المسألة أن تكون مرتبطة بالقدرة على السيطرة على الفيروس لعدة سنوات، بعد إيقاف العلاج. يكمن أحد التفسيرات المحتملة في أن التنوعات في الجين قد تسبب ظهور العدوى في وقت مبكر لدى البعض، وبالتالي يمكن علاجهم في وقت مبكر من مراحل تطور المرض.

ومثل ما حدث لطفلة مسيسيبي، أصيبت الفتاة الفرنسية بالعدوى من أمها بالقرب من وقت ولادتها، ولكنْ هناك اختلافات مهمة بين نظامي العلاج فيما يتعلق بالجرعات، وتوقيت تناولها. فقد حصلت الطفلة الأمريكية على علاج فعال جدًّا مضاد لفيروسات النسخ العكسي ـ وهي تركيبة أدوية قوية مصمَّمة للسيطرة على فيروس نقص المناعة البشرية ـ خلال 30 ساعة من ولادتها. وعلى العكس، حصلت الفتاة الفرنسية على علاج مبدئي لمدة 6 أسابيع بدواء واحد، هو الزيدوفودين، وعندما زاد العبء الفيروسي في الجسم بعد ولادتها بثلاثة أشهر؛ بدأت في تناول تركيبة علاجية مكونة من أربعة أدوية مضادة لفيروسات النسخ العكسي، لكن عائلتها قررت ـ لسبب غير معلَن ـ إيقاف العلاج عند بلوغها سن الخامسة، أو السادسة. وبرغم ذلك.. بدا للأطباء في سن السادسة أن صحتها جيدة، مع وجود مستوى متدنٍّ من الفيروس غير قابل للكشف. وبعد مرور 12 عامًا، لا زالت تتمتع بالعافية، بالرغم من عدم تلقِّيها لأي أدوية إضافية.

تقول الطبيبة المتخصصة في الفيروسات ديبورا بيرساود، من مركز جون هوبكينز للأطفال في بالتيمور بولاية ميريلاند: «هذه حالة مثيرة للاهتمام، لكنها نادرة جدًّا، ونتائجها غير اعتيادية»، وكانت هي أول مَن أبلغ عن طفلة مسيسيبي في عام 2013 (انظر: *Nature* http://doi.org/m2d;2013).

وأضافت: «كثير من الأطفال لدينا، ممن يخضعون للعلاج على مدى سنوات، يوقفونه بعدها، ومن ثم تنتكس حالاتهم، ولذا.. فإن الرسالة العامة المرسَلة هي أنه (يجب على هؤلاء الأطفال الاستمرار في العلاج)».

تخضع الفتاة الفرنسية الآن للدراسة ضمن مجموعة «فيسكونتي»، التي لا يزال 18 مريضًا منها لا يتلقُّون أي علاج. وإجمالًا، يمكننا القول إن 5-15% من الأشخاص الذين يبدأون العلاج مبكرًا هم مَنْ يمكنهم السيطرة على الفيروس بهذه الطريقة، بعد إيقاف العلاج. ■


RAUL ARBOLEDA/AFP/GETTY

يتم تمييز مرض الألزهايمر من خلال التدهور المعرفي، وتراكم البروتينات في الدماغ.

تطوير الأدوية

أدويــة مــرض الألزهايمــر تحــرز تقــدمًــا

نجاح الأجسام المضادة المُستهدِفة للبروتين، بعد إخفاقات كثيرة.

سارة ريردون

على مدار أعوام، كان العلماء الذين يدرسون مرض الألزهايمر مصابين بالإحباط؛ فقد عانوا في فهم ما إذا كان بروتين «أميلويد بيتا» الذي يتراكم في دماغ المصابين بالمرض هو أحد مسببات المرض، أم مجرد عَرَض من أعراضه. كما أدى عدم الفهم الواضح لسبب المرض إلى أن بحثهم عن علاجات فعالة لم يكن مثمرًا. والآن، يمكن لأحدث النتائج الإكلينيكية التي أجريت على دواءين يَستخدمان الأجسام المضادة أن تفتح لنا مسارًا يمكِّننا من المضي قدمًا إلى الأمام، حيث يبدو للوهلة الأولى أن هذه الأدوية ـ التي تستهدف بروتين الأميلويد ـ قد أبطأت تقدُّم المرض. كما تدعم النتائج التي نُشرت في 22 يوليو الماضي في مؤتمر الرابطة الدولية لمكافحة مرض الألزهايمر فكرة أن ترسبات الأميلويد تسبب التدهور العقلي الذي يُلاحظ في الأشخاص المصابين بمرض الألزهايمر.

وفي هذا الصدد، قال صمويل جاندي، اختصاصي البيولوجيا العصبية في كلية طب ماونت سيناي في نيويورك: «إننا نسير في الاتجاه الصحيح ببطء. ويرجع شعورنا بالحماس إلى الفشل المتكرر الذي واجهناه سابقا»، ولكن ما زال بعض الباحثين يشعرون بالتشكك إزاء قدرة التطورات الطفيفة التي تم تسجيلها مؤخرًا على الصمود أمام التجارب واسعة النطاق.

وقد ذكرت شركة «إيلي ليلي» Eli Lilly للأدوية ـ الواقعة في إنديانابوليس بولاية إنديانا ـ أنه في تجربة أجريت على 440 مشاركًا، بدا أن دواء «سولانيزوماب» solanezumab الذي تنتجه الشركة قد أدى إلى الحد من التدهور المعرفي بحوالي 30% للأشخاص الذين يعانون من درجة خفيفة من مرض الألزهايمر. فقد تعرضت المجموعة المصابة بالألزهايمر ـ التي تلقت العلاج ـ إلى تدهور في توقُّد الذهن على مدار 18 شهرًا، بينما تعرضت المجموعة التي تلقت دواءً وهميًّا إلى الدرجة نفسها لتدهور المجموعة الأولى، ولكن بعد 12 شهرًا فقط.

NATURE.COM
للاطلاع على نسخة أطول من هذا المقال انظر:
go.nature.com/lathpu

انتزعت شركة «إيلي ليلى» هذا الانتصار الصغير من بين فَكَّي الهزيمة، حيث إنه في عام 2012، أعلنت الشركة عدم وجود اختلاف بين المرضى الذين عولجوا بدواء «سولانيزوماب» لمدة 18 شهرًا، وأولئك الذين تلقوا دواءً وهميًّا، ولكن عندما أعادت الشركة تحليل بيانات التجربة، وجدت تحسنًا طفيفًا في المشاركين الذين كانوا يعانون من أعراض خفيفة عندما بدأت التجربة. واصلت شركة «إيلى ليلى» الاختبار لمدة ستة أشهر، وبدأت في إعطاء دواء «سولانيزوماب» للمجموعة الضابطة التي تشتمل على 440 عضوًا، حيث كانوا في ذلك الوقت في مرحلة أكثر تقدمًا من المرض.

تُظهِر أحدث النتائج حدوث إبطاء للتدهور المعرفي في مجموعة «البداية المتأخرة»، ليتناسب مع المعدل الذي لوحظ في 440 شخصًا الذين تم علاجهم طوال مدة الدراسة بكاملها. ويشير هذا إلى أن دواء «سولانيزوماب» قد استهدف أصل مرض الألزهايمر. كما عرضت شركة «بيوجين» Biogen المُصنِّعة للأدوية الموجودة في واشنطن نتائج تُظهر أن جرعة متوسطة من الدواء الذي أنتجته، ويُدعى «أدوكانوماب» aducanumab، قد أدت إلى نقص تراكم بروتين الأميلويد في 23 شخصًا، لكنه لم يكن لديه فوائد إكلينيكية ذات دلالة إحصائية. وفي شهر مارس الماضي، أعلنت الشركة أن 27 شخصًا ممن تلقوا جرعات عالية من دواء «أدوكانوماب» لمدة عام واحد، ظهر لديهم تدهور معرفي بدرجة أقل بكثير من الأشخاص الذين تلقوا دواءً وهميًّا، كما أن تراكم بروتين الأميلويد في الدماغ لديهم كان أقل.

تلقَّى كثير من الخبراء هذه النتائج بقدر من الترحيب الحذر، نظرًا إلى أن حجم التجارب الإكلينيكية صغير نسبيًّا، بينما كان إريك سيمرز أكثر تفاؤلًا، وهو أحد الباحثين في مرض الألزهايمر في شركة «إيلي ليلى»، حيث علَّق في هذا الصدد قائلًا: «لقد كان أمرًا مدهشًا بالنسبة لي أن دواء «سولانيزوماب» كان فعالًا بهذا الشكل، حيث يُعد دواءً واعدًا بدرجة كبيرة من ناحية إبطاء تقدُّم المرض».

بدأت شركة «إيلي ليلي» في عام 2013 تجربة أكبر في المرحلة الثالثة على دواء «سولانيزوماب»، حيث ضمت 2,100 شخص يعانون من أعراض خفيفة، ومن وجود ترسبات بروتين الأميلويد في الدماغ. وسوف تنتهي هذه الدراسة في أكتوبر 2016. وكذلك صرحت شركة «بيوجين» في ديسمبر الماضي أن الشركة ستبدأ تجربة في المرحلة الثالثة، يشارك بها 2,700 مشارك، ومن المقرر أن تستمر لمدة 18 شهرًا.

ويتساءل لون شنايدر ـ الباحث في مرض الألزهايمر في جامعة كاليفورنيا الجنوبية بلوس أنجيليس ـ عن جدوى قرار بدء تجارب كبيرة، قبل اختبار الأدوية جيدًا، وكذلك قبل التحقق من صحة فرضية بروتين الأميلويد، حيث يقول: «لماذا يوجد هذا العدد الكبير من الأجسام المضادة، بينما لم يثبت أي منها فعالية حتى الآن؟»، مشيرًا إلى أنه قد ثبت أن التدخلات السلوكية، مثل النظام الغذائي، وممارسة الرياضة، تبطئ من تقدُّم مرض الألزهايمر، مثلها مثل أي دواء (A. M. Clarfeld and T. Dwolatzky *JAMA Intern. Med*. **173**, 901–902; 2013).

هذا.. لكن شكوك شنايدر ليست عند الجميع، حيث يقول راندال بيتمان، وهو طبيب أعصاب في جامعة واشنطن في سانت لويس بولاية ميزوري: «لقد حان الوقت لأنْ نتحلى بالجرأة، فيبدو لي أن تكلفة التأخير من ناحية معاناة الإنسان أكبر بكثير من تكلفة المُضي قدمًا.» ويدير بيتمان تجربة يتم فيها اختبار دواء «سولانيزوماب»، و«جانتينروماب» gantenerumab ـ اللذين طورتهما شركة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

«روش» Roche في بازل بسويسرا ـ حيث يتم إجراء التجربة على 160 شخصًا، تتراوح أعمارهم بين 18، و80 عامًا، ولديهم خطر وراثي للإصابة بمرض الألزهايمر، ولكنهم لا يعانون من أي أعراض. وتُعَدّ هذه التجربة واحدة من جهود عديدة تُبذل، في محاولة لتحديد ما إذا كان بالإمكان الوقاية من هذا المرض عن طريق تدمير بروتين الأميلويد قبل تدهور الدماغ، أم لا، إذ يحدث هذا التدهور على مدى عقود (R. J. Bateman *et al*. *N. Engl. J. Med.* **367**, 795–804; 2012). ويعتقد العديد من الباحثين في مرض الألزهايمر أن تجارب الأدوية التي تستخدم الأجسام المضادة قد فشلت، لأنها عالجت المرض بعد فوات الأوان.

يدعم هذه الفرضية الاكتشاف الذي توصلت إليه شركة «إيلي ليلي»، وهو أن الأشخاص المصابين بمرض الألزهايمر بدرجة طفيفة هم فقط مَنْ يستفيدون من دواء «سولانيزوماب». ويضيف إريك ريمان ـ المدير التنفيذي في معهد بانر لمرض الألزهايمر في فينيكس بولاية أريزونا ـ قائلًا إن أحدث النتائج تُظهِر ـ لأول مرة في البشر ـ أن إبطاء ترسيب الأميلويد قد يبطئ بدوره من حدوث التدهور المعرفي.

إنّ هذه النتائج مهمة، لأن الإدارة الأمريكية للأغذية والأدوية صرحت بأنها لن تعتمد أي أدوية تمنع ترسبات بروتين الأميلويد، دون وجود أدلة كافية على الفائدة الإكلينيكية لهذه الأدوية. وفي هذا الصدد، يقول ريمان، الذي يدير تجربة يتم إجراؤها على دواء «كرينيزوماب» crenezumab، وهو أحد أدوية شركة «روش» الذي فشل أيضًا في تجارب كبيرة تم إجراؤها في وقت سابق: «إذا استطاعت شركة أدوية واحدة أن تثبت السبب والتأثير وراء تراكم الأميلويد وعلاقته بتقدم مرض الألزهايمر، فسوف تستفيد جميع الشركات من ذلك».

يقول جاندي إنه إذا لم تُظهِر هذه الأدوية أثرها المنشود في التجارب الوقائية الأكبر، فمن شأن ذلك أن يكون نكسة لأبحاث الألزهايمر بشكل عام، ويضيف: «الأمر المقلق للغاية هو أن العوامل التي تقلل بروتين الأميلويد كثيرة جدًّا». ومع ذلك.. فإن هناك ثلاث شركات على الأقل تعمل على تطوير علاجات تستهدف بروتينًا مختلفًا، هو بروتين «تاو» tau، وهو البروتين الذي يدمر الخلايا العصبية في مرحلة متقدمة من مرض الألزهايمر. وبعض هذه العلاجات بمثابة أدوية تستخدم الأجسام المضادة. ■

علم الكواكب

كبلر.. الكوكب الأكثر شبهًا بالأرض حتى الآن

بعثة «ناسا» تجد عالَمًا يُحتمل أن يكون صخريًّا، يدور حول نجم يشبه الشمس.

ألِكسندرا ويتز

بالرغم من التقارير التي يصدرها علماء الفلك عن وجود جرم سماوي يقع خارج المجموعة الشمسية، ويشبه الأرض، توشك «ناسا» على إنهاء بعثة «كبلر» المثمرة التي قامت بهذا الاكتشاف. ويخطط فريق العلماء للإعلان عن قائمتهم النهائية للكواكب المكتشَفة في وقت ما من العام المقبل. فقد أعلن فريق كبلر في 23 يوليو الماضي عن وجود كوكب بحجم 1.6 من حجم الأرض، يدور حول نجم شبيه بالشمس، على بُعد 430 فرسخًا فلكيًّا (J. M. Jenkins *et al*. *Astron. J.* **150**, 56; 2015)، حيث إن الكوكب المسمى «كبلر-452-ب» يقع في النطاق الصالح للسكن، ويدور حول نجمه على مسافة تسمح بوجود الماء السائل. ويقول فريق العلماء إن هناك فرصة تزيد على 50% لأنْ يكون الكوكب صخريًّا، مما سيجعله أقرب ما تم اكتشافه حتى الآن كنظير حقيقي للأرض.

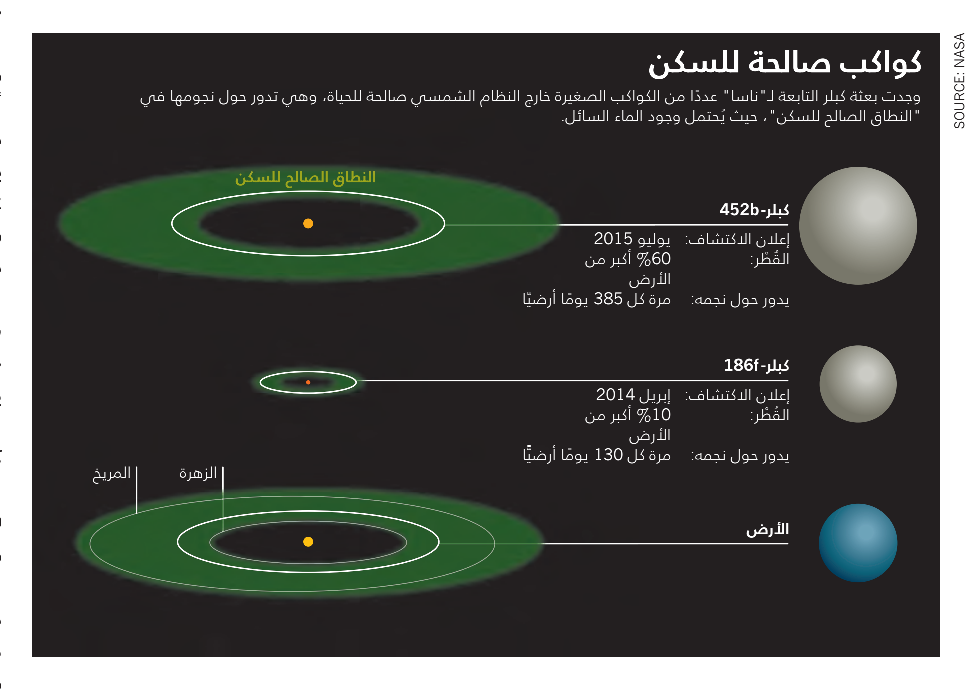
تشتمل آخِر دفعة من اكتشافات «كبلر» أيضًا على 11 كوكبًا على الأقل، أحجامها مجتمِعةً أصغر من ضعف حجم الأرض، وتدور في النطاق القابل للسكن حول نجومها، ولكن النجم الذي يتبعه كوكب «كبلر-452-ب» أكثر سطوعًا من الشمس بقليل، على عكس النجوم الباردة الخافتة التي تتبعها الكواكب الأخرى المعروفة، التي تقارب الأرض حجمًا. «إنه أول كوكب أرضي في النطاق القابل للسكن حول نجم شبيه جدًّا بالشمس»، حسب وصف دوجلاس كالدويل، الفلكي بمعهد «سيتي» SETI في ماونتن فيو، كاليفورنيا.

لا يستطيع العلماء قياس كتلة كوكب «كبلر-452-ب» مباشرة، لكن نماذج المحاكاة تشير إلى أن الكوكب كتلته على الأرجح خمسة أضعاف كتلة الأرض. وهو يدور حول نجمه مرة كل 385 يومًا أرضيًّا، مما يقارب بشكل مثير السنة الأرضية المساوية 365 يومًا (انظر: «كواكب صالحة للسكن»). إن عُمْر نجم الكوكب يزيد على عُمْر الشمس ـ البالغ 4.5 مليار سنة ـ بحوالي 1.5 مليار سنة، وكوكب «كبلر-452-ب» في العمر نفسه تقريبًا. وأثناء أول 5 مليارات عام من عمره، استقبل الكوكب طاقة من نجمه، أقل مما تستقبله الأرض من الشمس، ولكنه الآن يعرض لمحة عن مستقبل الأرض. يزداد نجم كوكب «كبلر-452-ب» سخونة وسطوعًا، كجزء من تطوره الطبيعي، ولذلك.. أي شخص يعيش على الكوكب سيرى عالمه يجف تدريجيًّا، تمامًا كما ستجف الأرض عند تطور الشمس.

منذ 2009، حتى 2013، قامت مركبة «كبلر» بالتحديق في رقعة صغيرة من السماء، باحثة عن أي انخفاضات طفيفة في ضوء النجوم تشير إلى كوكب يتحرك، أو يعبر أمام النجم الذي يتبعه، ولكنها توقفت عن أخذ البيانات عندما أُعيقت بواسطة عجلة ردّ فعل معطلة، كانت تتحكم في توجيهها، وأعاد المهندسون تشغيلها لاحقًا على نحو محدود. وقد اكتشفت المركبة أكثر من 1,000 كوكب مؤكد، من ضمنها كوكب «كبلر-452-ب»، وأكثر من 4,660 كوكبًا محتملًا.

سيقوم علماء «كبلر» في العام القادم بإجراء تحليلات؛ لتقليل نسبة الضوضاء من الإشارات في بياناتهم، بغرض التحقق من أكبر عدد ممكن من الكواكب. وفي هذا الصدد، تقول ناتالي باتالها، وهي عالمة في بعثة «كبلر»، وفلكية بمركز أبحاث «إميز» Ames التابع لـ«ناسا» في موفيت فيلد، كاليفورنيا: «تخيَّلْ أننا نهرول وسط حقل مليء بالأعشاب، باحثين عن الأحجار الثمينة على الأرض. سنصطحب معنا أداة تهذيب الأعشاب؛ لكي تصبح رؤية الأحجار أسهل».

في يناير الماضي، بدأ المرصد الأوروبي الجنوبي في البحث عن الكواكب العابرة من تليسكوباته في شيلي. وتخطط «ناسا» لإطلاق وريث فضائي لمركبة «كبلر»، يُسمى «القمر الصناعي لمسح الكواكب الخارجية العابرة» في عام 2017. ■





يجول مختصُّو الأرصاد الجوية في شوارع البلاد ليلًا، لوضع أجهزتهم في مسار الطقس السيئ.

CARSTEN PETER/NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE

أرصاد جوية

مطاردو العواصف الليلية يتعقبون طرائدهم في سهول أمريكا

العواصف الرعدية الليلية العنيفة صعبة التفسير، والتنبؤ بها أصعب.

ألِكساندرا ويتز، وسترونجهارست ـ إلينوي

كانت شلالات المطر تنهمر بغزارة على ريف إلينوي، عندما أخرجت جيسي ويف، وكايل مورجانتي محطة أرصاد جوية تزن 60 كيلوجرامًا من شاحنتهما الصغيرة، ثم ثَبَّتا الأسطوانة المعدنية للمحطة على الحصى في جانب الطريق، وقاما بِلَفِّها، وضبط زاويتها الأفقية، ورجعا إلى الخلف؛ لتصوير محيطها، ثم هرعا للاحتماء بشاحنتهما من صواعق البرق التي سقطت على مسافة غير مأمونة بالقرب منهما؛ مضيئةً ليل يونيو الماضي حالك الظلمة.

وبوصفهما تقنِيَّين لدى مركز بحوث الطقس القاسي في بولدر، اعتاد ويف ومورجانتي على هذا النوع من العمل الشاق في الموقع.. فهما اثنان من جيش من الباحثين الذين نزلوا إلى السهول الأمريكية الكبرى هذا الصيف، من أجل تنفيذ برنامج بحث مكثف، انتهى في 15 يوليو الماضي. فالمشروع المُسمى اختصارًا «بيكان» PECAN، أو «رفْع الحِمْل الحراري في السهول ليلًا» ـ الممول بـ13.5 مليون دولار أمريكي، ودام 45 يومًا ـ كان يهدف إلى حل لغز كيفية تكوُّن العواصف الرعدية وتطورها في الليل، بعد مدة طويلة من تلاشي التسخين الشمسي، الذي يغذي العواصف الرعدية النهارية.

تأتي تلك العواصف الليلة بالبرد، والسيول الجارفة، والرياح الشديدة، التي يمكن أن تؤذي البيوت والسيارات. ونظرًا إلى أنها تحدث في الظلام، فإنّ حتى مراقبي الطقس المتمرسين لا يستطيعون كشْف تطورها. كما أنها مستمرة في الإفلات من كل محاولات التنبؤ بها تقريبًا. يقول بارت جريتس، الباحث الرئيس لدى مشروع «بيكان»، وعالم الظواهر الجوية لدى جامعة وايومينج في لارامي: «إننا لا نستطيع التنبؤ بالمكان الذي سوف تحدث فيه تلك العواصف، ولا حتى قبل 12 ساعة». ويضيف جريتس قائلًا إنّ فهْم العواصف الرعدية الليلية يمكن أن يساعد على تحسين التنبؤات بأحداث الطقس الخطيرة في السهول الكبرى. ويمكن تطبيق نتائج البحث أيضًا على أجزاء أخرى من العالم، تحدث فيها عواصف مشابهة، مثل تلك التي تحدث في سهول شرق أمريكا الجنوبية، حيث إنه يوجد مشروع لدراسة عواصف مماثلة في الأرجنتين، مخطَّط إطلاقه في عام 2017. تبدأ تلك العواصف أثناء النهار والليل في إقليم ميندوزا، بالقرب من تلال سفوح الأنديز، حيث يمكن لعواصف برد فجائية أن تجرف حقول العنب المهمة اقتصاديًّا، حسب قول جورجي روبي سانتوس، عالِم الظواهر الجوية لدى جامعة كويو الوطنية في ميندوزا.

«لو استطعنا التنبؤ بها بدقة، لما اضطررنا للبقاء هنا».

وُضعت جميع نظريات الكتب التعليمية التي تفسر نشوء العواصف الرعدية، على أساس مرجعية الظروف النهارية، عندما يزداد التسخين الأرضي، الذي يولِّد طبقة مخلوطة جيدًا من الهواء، تغذي العواصف سريعة النشوء في الأعلى، بينما يختبر مشروع «بيكان» أفكارًا مختلفة؛ لتفسير كيف يمكن أن تكون الأمور مختلفة في الليل، حيث إنه عادة تقوم طبقة مستقرة من الهواء البارد بمنع الهواء الساخن من الصعود والاضطراب لتوليد العواصف. وتنطوي إحدى الأفكار على شريط من الهواء سريع الحركة، يُسمى النفثة منخفضة المستوى، ويتكون عندما يبرد الهواء فوق الارتفاعات العليا، مقارنةً بالهواء عند الارتفاعات المنخفضة، مؤديًا إلى تكوُّن تدرُّج في الضغط. وتوضح المحاكاة الحاسوبية أن تلك النفثات تستطيع رفع الهواء الرطب إلى ما فوق الطبقة المستقرة، حيث يمكنها أن تغذي العواصف (A. J. French and M. D. Parker *J. Atmos. Sci.* **67**, 3384–3408; 2010).

تقول ريتا روبرتس، عالمة الأحوال الجوية لدى المركز الوطني لبحوث الجو في بولدر: «لكن أحيانًا تمر ليال، ليست فيها قوة واضحة، كنفثة منخفضة المستوى»، وتضيف قائلة إنه يمكن لأنماط جوية أخرى أن تكون مؤثرة، ومنها أنماط شبيهة بالموجة، تسمى بالثقوب الموجية، حيث يقوم مشروع «بيكان» بتصيُّدها هذا الصيف أيضًا، ولكن لم يحقق مشروع مطاردي العواصف سوى نجاح محدود، حيث إنه رصد كثيرًا من النفثات منخفضة المستوى، لكن عدد مجموعات العواصف الرعدية الكاملة لم يكن بالقدر الذي رغبوا فيه. «لقد كانت سَنَة محبطة»، هكذا قال ماثيو باركر في هذا الشأن، وهو عالم الأحوال الجوية لدى جامعة نورث كارولاينا الحكومية في رالي.

إن الفريق يقرر كل يوم المكان الذي يجب عليه نشر أسطوله من الشاحنات، والعربات المغلقة، والطائرات المحملة بأجهزة فيه، مثل الرادار، والمسبارات اللاسلكية، والمناطيد. وينطلق العلماء إلى حيث يعتقدون أن العواصف سوف تتحرك، ويأملون في اعتراضها في أثناء عبورها. وفي هذا الصدد، يقول جوشوا وورمان، رئيس مركز بحوث الطقس الصعبة: «علينا انتظار الطبيعة، لتوفر لنا عواصف من أنواع مختلفة».

منذ أن بدأ مشروع «بيكان» في 1 يونيو الماضي، أمضت ويف مع مورجانتي ساعات طويلة في جمع بيانات عن الطقس، قبل وصول العواصف القادمة. وهذا يعني كثيرًا من قيادة السيارة على طرقات الريف في الظلام والمطر، وتلك ليست هي الصورة المألوفة الساحرة لمطاردة العواصف. تقول ويف بهذا الشأن: «دائمًا يظن الجميع أن الأمر مجرد إعصار فحسب، لكنه ليس كذلك». وفي 24 يونيو الماضي، وجدا نفسيهما في إلينوي الغربية، ينعطفان يمنة ويسرة؛ لتجنب أغصان الأشجار المنخفضة، التي يمكن أن تكسر صاري القياسات البرجي المثبَّت عند مقدمة الشاحنة. «شجرة.. شجرة.. شجرة!!»، صاحت ويف، قبل أن ينحرف مورجانتي بمقود السيارة مرة أخرى.

وفي الساعة 11:29 ليلًا، استقبلت ويف رسالة، تطلب منهما نشر خمس محطات على طول جانب الطريق، بفواصل تساوي كيلومترين فيما بينها، من أجل جمع بيانات عن درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، والضغط. أخرجا محطتين من الشاحنة بعد عناء، حتى بدأ البرق يضرب بالقرب منهما، واضطرا إلى التوقف تلك الليلة. وفي النهاية، عرفا أنه لم تكن ثمة مشكلة فعلًا، لو لم يتمكنا من تثبيت المحطات، ووضْعها في حالة العمل.. فأسوأ العواصف مرت على بُعد حوالي 80 كيلومترًا إلى الغرب منهما، لأن متنبئي مشروع «بيكان» أخفقوا مرة أخرى في التنبؤ بالكيفية التي سوف تحصل بها أحداث الليل. يحكي وورمان بأسى قائلًا: «لو استطعنا التنبؤ بها بدقة، لما اضطررنا للبقاء هنا». ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الفراشة ذات العيون البُنّيّة *Lacanobia oleracea* هي أحد السكان المحتملين في بيئة نباتات الطماطم.

علم النبات

سكان الأنظمة البيئية للنباتات يجذبون الأضواء

يسعى الباحثون للحصول على نظرة شمولية للنظم البيئية النباتية.

هايدي ليدفورد

قد يظلّ النبات ثابتًا في مكانه، إلا أنه ليس كائنًا وحيدًا. تعيش البكتيريا على النبات، وفي داخله، وبالقرب منه، متغذيةً على مضيفها وعلى بعضها البعض، وعلى المركبات الموجودة في التربة. تتغذى الأميبا على البكتيريا، وتتغذى الديدان الخيطية على الجذور، بينما تتغذى الحشرات على الفاكهة، وينعكس ذلك كله على التركيب الكيميائي للتربة، وطعم الأوراق، وإنتاجية المحصول.

اجتمع أكثر من 200 باحث بين الثلاثين من يونيو الماضي، والثاني من يوليو في واشنطن العاصمة في اللقاء الأول لمبادرة «فايتوبيوم» Phytobiome، التي تتضمن اقتراحًا طموحًا لتصنيف العوامل الأكثر قربًا للنبات، وتأثيرها على الزراعة. وراود الحاضرين أملٌ في تقديم مشروع بحلول نهاية العام، يتم من خلاله تطبيق هذه المعرفة بطرق تجذب الجهات الممولة في مجال الصناعة، والحكومة.

تقول ليندا كينكل، عالمة أمراض النبات في جامعة مينيسوتا في سانت بول: «نريد المزيد من المال، لكن الأهم من ذلك هو أن نحاول أن نتحدث باللغة، ونخرج ببعض الأهداف المشتركة».

وكثيرًا ما تتم دراسة تأثيرات الميكروبات والحشرات على صحة النبات في أزواج ـ ميكروب واحد، ونبات واحد ـ لكن التقدم في التسلسل الجيني فتح طرقًا جديدة لدراسة مجتمعات ميكروبية كاملة. وفي الوقت نفسه، طوَّر المهندسون وعلماء الأحياء الحاسوبية سبلًا أفضل لإدارة المجموعات البيانية الكبيرة، ودمج التسجيلات المتباينة في نماذج متماسكة، وجمع معلومات عن فسيولوجيا كل نبات في الحقل بشكل سريع. تقول عالمة أمراض النبات جان ليتش في جامعة ولاية كولورادو في فورت كولينز: «في السابق، لم يكن لدينا القدرة على دراسة هذه العوامل مجتمعة. ونحن الآن بحاجة إلى البدء في دمج كل المكونات البيولوجية في هذا النظام، وليس فقط بيانات النباتات وبيئتها».

طرَحَتْ ليتش مصطلح «فايتوبيوم» (وهو النظام البيئي النباتي) لأول مرة في عام 2013، في ملتقى منعزل حول الأمن الغذائي. وهي تُعَرِّفه إجمالًا على أنه يشمل الميكروبات، والحشرات، والديدان الخيطية، والنباتات، بالإضافة إلى العوامل غير الحيوية التي تؤثر على كل ما سبق. ومنذ ذلك الحين، قامت ليتش بزيارة شركات، ووكالات تمويل، وجامعات؛ للدعوة الى توحيد الجهود حول المبادرة، كما تعاونت مع كيلي إفيرسول، وهي مستشارة مستقرة في بيثيسدا بولاية ميريلاند، وشريكة في ملكية مزرعة عائلية صغيرة في ولاية أوكلاهوما، كما أن لديها خبرة في العمل في مشروعات الجينوم الزراعية الكبيرة، بما في ذلك برنامج الولايات المتحدة الوطني لجينوم النبات. وتم إطلاق هذه المبادرة في عام 1998؛ لإنتاج قواعد بيانات وأدوات أخرى لتحليل الجينوم النباتي.

تأمُل ليتش أن تترك تلك المبادرة إرثًا مماثلاً، لكنها تدرك أن التمويل الفيدرالي قد تَرَاجَع بشكل كبير منذ عام 1998. ومع ذلك.. تشير ليتش إلى أنه يمكن للمشروع أن يتأسس على عديد من التيارات الناشئة في مجال الزراعة. وقد أظهر القطاع الصناعي اهتمامًا متجددًا بتحفيز نمو النباتات عن طريق التلاعب بالميكروبات المصاحبة (*Nature* **504**, 199; 2013)، كما أن الشركات والمزارعين يستثمرون أيضًا في «الزراعة الدقيقة»، التي تستخدم أجهزة مراقبة متقدمة؛ لمتابعة الأوضاع في الحقل، أو حتى حول النباتات الفردية، مما يسمح للمزارعين بِرَيّ وتسميد الأماكن اللازمة بكل دقة.

مستقبل التكنولوجيا المتقدمة

تأمل إفيرسول أن ترى اليوم الذي ستحمل به الجرارات مقاييس تقدِّم لنا لمحة عن المجتمع الميكروبي في التربة، كما تضيف أن بيانات المبادرة ستمكِّن المزارعين من تحوير هذا المجتمع لصالحهم، ولكن يجب أولًا على المبادرة توحيد البروتوكولات والقياسات، التي قررها الحضور في الاجتماع. تقول كينكل إنه من المرجح أن تتركز الجهود في البداية على فهرسة الميكروبات والحشرات، وتفاعلها مع المحاصيل والبيئات المختلفة. وتضيف: «حالنا الآن كحال علماء الأحياء النباتية قبل 150 عامًا، فنحن لا نزال في مرحلة الحصر».

وقد بدأ العمل بالفعل في هذا الاتجاه، فعلى سبيل المثال.. تقوم مجموعة من الباحثين في المعهد الدولي لبحوث الأرز في لوس بانوس في الفلبين باستخلاص الحمض النووي الميكروبي من البيانات المستبعدة من تسلسل جينوم الأرز، بهدف تحديد أيٍّ من الميكروبات تفضلها هذه السلالات من المحاصيل عن غيرها.

في الوقت نفسه، بدأت كينكل تجارب تعديل مستويات الكربون في التربة؛ لتغيير المجموعات الميكروبية، وذلك بهدف تحسين إنتاجية النبات، وتقول: «إذا تمكَّنّا من تحديد الكائنات التي تعيش على النباتات، وتلك التي تعيش بداخلها؛ سنتمكن من تعديلها؛ للحصول على نباتات أكثر صحة وطواعية».

من ناحية أخرى، تقول سارة لبيس، وهي خبيرة في علم الأحياء المجهرية في جامعة تينيسي بنوكسفيل، وتدرس كيفية تأثير النباتات على المجتمعات الميكروبية عن طريق إفراز المضادات الحيوية في التربة، إنّ مشروعات كتلك تتحرك بشكل أسرع عندما تكون تحت إطار متماسك ومنظم. وتضيف: «نحن نعمل الآن كأفراد، إلا أن مبادرة كتلك سوف تساعدنا على التركيز على الهدف، مع بث أمل بأننا سوف نتقدم بشكل أوسع، وأسرع، وأفضل». ■

تصحيح

قدَّر مقال «يستكشف الباحثون مخاطر التعرض لجرعات منخفضة من الإشعاع»، المنشور في عدد أغسطس الماضي (*Nature* **523**, 17-18; 2015) معدَّل الوفيات (المتوقَّع) بين العاملين، من جرّاء الإصابة بمرض اللوكيميا، بخطأ حسابي غير مقصود، حيث يرجع السبب في وقوع ثلاثين حالة وفاة فقط إلى التعرض إلى الإشعاع، كما أنه لكل 10 ملّي سيفرت متراكمة، ترتفع فرصة العامل في الإصابة باللوكيميا بحوالي 3%.

T. C. WORLEY/NYT/REDUX/EYEVINE



مشكلات القوائم المرجعية

لقد اتضح أن الطريقة الواعدة لإنقاذ حياة المرضى الذين يُعَالَجُون في المستشفيات في جميع أنحاء العالم ليست بالبساطة المتخَيَّلَة.

إيميلي أنثيز

استخدمت مستشفيات عديدة القوائم المرجعية قبل الجراحة؛ مما أدَّى إلى نتائج مختلفة.

قبل القيام بأول شق جراحي، تأكَّدْ من هوية المريض، وضَعْ علامة على موقع الجراحة، وسَلْ المريض عما إذا كان يعاني أي حالة من حالات الحساسية، وناقش احتمالات نزيف الدم المتوقعة، وقَدِّمْ نفسك باسمك. كل ما سبق هو بعض مما وَرَدَ في قائمة السلامة المرجعية للجراحة، الصادرة عن منظمة الصحة العالمية، المتضمنة 19 خطوة، وهي قائمة بسيطة لما يجب إتمامه، قبل إجراء عملية جراحية؛ بهدف تخفيض الأخطاء، والحفاظ على حياة المرضى.

في عامي 2007 و2008، اختبرت 8 فرق جراحية في ثمانية مستشفيات حول العالم القائمة المرجعية في دراسة استطلاعية[1]، وكانت النتائج لافتة للأنظار. فقد انخفضت

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مضاعفات على غرار الإصابة بالعدوى بعد الجراحة إلى أكثر من الثلث، بينما هَوَت معدلات الوفيات إلى النصف تقريبًا. وقد أوصت منظمة الصحة العالمية بأن تتبنى المستشفيات تلك القائمة المرجعية، أو ما يشبهها، وامتثلت مستشفيات عديدة لهذه التوصية.

على الفور، اشترطت هيئة الخدمات الصحية البريطانية (NHS) على جميع المراكز العلاجية التابعة لها بأن تدخل القائمة المرجعية في ممارساتها اليومية. وبحلول عام 2012، جرَّبتها حوالي 2000 مؤسسة على مستوى العالم. وقد سيطرت فكرة القوائم المرجعية ـ باعتبارها طريقة بسيطة وزهيدة الثمن؛ للحفاظ على حيوات المرضى ـ على المجتمع الطبي. ولهذه الفكرة أبطال متحمسون، من بينهم آتول جاواند، وهو جراح في مستشفى بريجهام والنساء في بوسطن، بولاية ماساتشوستس، وقاد الدراسة الاستطلاعية، ونشر الفكرة من خلال البرامج الحوارية والمقالات والكتاب الأكثر مبيعًا «بيان القائمة المرجعية» *The Checklist Manifesto* (صادر عن دار متروبوليتان، في عام 2009).

وما لبثت هذه القصة الناجحة أن بدت أكثر تعقيدًا، فقد عجزت مستشفيات عن تكرار النتائج المبهرة للتجارب الأولية، حيث أظهر تحليل أُجري على أكثر من 200 ألف عملية في 101 مستشفى في أونتاريو بكندا، على سبيل المثال، غياب أي خفض بارز في المضاعفات، أو الوفيات، عقب طرح استخدام قوائم السلامة المرجعية للعمليات الجراحية[2]. من جانبه، يقول ديفيد أورباخ، الجراح في جامعة تورونتو، الذي قاد تحليل أونتاريو: «نشهد ذلك طوال الوقت، فهناك دراسات كثيرة، ينبغي أن تكون نقلة نوعية، لا تبدو قابلة للتطبيق عمليًّا». وهذا رهان صعب، لأن الاستخدام السيئ للقوائم المرجعية يعني أن الناس قد يموتون دون داع.

تعمل مجموعة من الباحثين لفهم الاختلافات، ليكتشفوا أن مجموعة متنوعة من العوامل يمكن أن تؤثر في نجاح القائمة المرجعية، أو إخفاقها، تتراوح من سلوكيات العاملين، إلى الطرق التي يطرح بها الإداريون الأداة. ويُعَدّ البحث جزءًا من مجال العلوم التنفيذية المتنامي، الذي يفحص أسباب ميل بعض الابتكارات التي حققت نجاحًا مبهرًا في الاختبارات التجريبية إلى الإخفاق على أرض الواقع. ويمكن أن تساعد النتائج في تحسين طرح برامج أخرى، مرتكزة إلى البراهين في الطب، وما هو أبعد.

من جانبه، يقول نِك سيفداليس، المتخصص في العلوم التنفيذية في «كينجز كولدج لندن»: «نحتاج إلى تعلُّم الدروس من البرامج وأشكال التدخل، مثل القائمة المرجعية، حتى لا نكرر الأخطاء نفسها».

إحباط التكرار

كان بيتر برونوفوست أول من أظهر القوة الكامنة في القوائم المرجعية في مجال الرعاية الصحية، وهو متخصص في التخدير، وطبيب عناية مركّزة في كلية الطب بجامعة جونز هوبكنز في بالتيمور بولاية ميريلاند. ففي عام 2001، طرح برونوفوست استخدام قائمة مرجعية قصيرة للعاملين في مجال الرعاية الصحية، الذين يدخلون القساطر الوريدية المركزية، أو الخطوط المركزية، التي غالبًا ما تُستخدم في وحدة العناية المركزة لاختبارات الدم، أو تناول الأدوية. وأظهرت التجربة أن الطلب من الممارسين بتأكيد قيامهم ببعض الخطوات البسيطة، مثل غسل أيديهم، وتعقيم موقع الدخول، أسهَم في خفض كبير في مخاطر الإصابة بالعدوى المهدِّدة للحياة[3]. كما خضعت القائمة لاختبار أكبر في التجربة التي باتت مشهورة الآن[4] باسم مشروع «وحدة رعاية كيستون» Keystone ICU ، الذي تم إطلاقه في ولاية متشيجان في أكتوبر 2003. وخلال 18 شهرًا، انخفض معدل عدوى مجرى الدم الناتجة عن استخدام القساطر بنسبة 66%.

لم تكن القوائم المرجعية أمرًا جديدًا في مجال الطب، بيد أن عمل برونوفوست لفت الانتباه، حيث أشار إلى أن القوائم المرجعية يمكن أن تنقذ الأرواح. وقد سطر جاواند مقالاً ملهِمًا في جريدة «ذا نيو يوركر»[5]، حيث تساءل: «إذا كان شيءٌ بسيطٌ كهذا من شأنه أن يُحْدِث تحولاً في العناية المركزة، فما الذي يسعه فعله أيضًا؟» ومن ثم بدأت القوائم المرجعية في الانتشار. هناك الآن قوائم مرجعية للعمليات التي تشمل التخدير، والتهوية الميكانيكية، والولادة، وإنفلونزا الخنازير. وقد تولدت نتائج واعدة عن العديد من الدراسات، حيث أظهرت أن القوائم تحسِّن من نتائج علاج المرضى في المستشفيات من النرويج إلى إيران.

لم يَخْلُ الأمر من بعض الإخفاقات أيضًا.. ففي شهر يناير الماضي، وبعد أقل من عام من التقرير الصادر من أونتاريو، أفاد فريق مختلف من العلماء[6] بأن القائمة المرجعية للعمليات الجراحية التي شُكّلت على قائمة برونوفوست لم تحسِّن النتائج في مستشفيات متشيجان. وعلى الرغم من أن القائمة المرجعية للخطوط المركزية لوحدات العناية المركزة قد أظهرت مزايا دائمة في متشيجان، بدا أن المبادرة البريطانية «ماتشنج متشيجان» Matching Michigan، التي كانت تهدف إلى تكرار برنامج «وحدة رعاية كيستون»، لم تُحْدِث أي فارق في معدلات العدوى[7].

يتشكك بعض الخبراء في أن الإخفاق في التكرار قد يعود إلى الكيفية التي تم بها تصميم التجارب الأولية، أو دراسات المتابعة. فالدراسة الاستكشافية التي أجراها جاواند على القائمة المرجعية للعمليات الجراحية الصادرة عن منظمة الصحة العالمية ـ على سبيل المثال ـ لم تخضع للاختيار العشوائي، ولم تكن بها مجموعة ضبط. وبدلاً من ذلك.. قارنت معدلات الوفيات والمضاعفات قبل طرح القائمة المرجعية وبعدها. ويقول النقاد إن هذا يصعِّب من تحديد ماهية العوامل الأخرى التي ربما تكون قد أثَّرت على النتائج.

يُقِرّ جاواند بالقصور، الذي نتج عن قيود الميزانية، لكنه يشير إلى أن تجارب عديدة تالية، ومنها التجارب التي تم إخضاعها للاختيار العشوائي، قد أظهرت خفضًا كبيرًا في المضاعفات والوفيات التي تبعت طرح القائمة المرجعية. وهو يرى أن القائمة تؤدي المطلوب منها بصورة جيدة. ويضيف: «يبدو أن الأمر أكثر تعقيدًا من مجرد توافر القائمة المرجعية في اليد».

سَدّ الخانات

يسعى علماء التطبيق إلى توضيح هذا التعقيد.. فبعد أن أقرَّت هيئة الخدمات الصحية البريطانية بالقائمة المرجعية الصادرة عن منظمة الصحة العالمية، أطلق الباحثون في «إمبريال كوليدج لندن» مشروعًا لرصد استخدام الأداة؛ ووجدوا أن العاملين كانوا غالبًا لا يستخدمونها كما ينبغي. وفي استعراض لحوالي 7,000 عملية جراحية أُجريت في 5 مستشفيات تابعة لهيئة الخدمات الصحية البريطانية، انتهى الباحثون إلى أن القائمة المرجعية استُخدمت مع 97% من الحالات، ولكن لم تكتمل إلا في 62% من الوقت فقط[8]. وعندما حضر الباحثون بأنفسهم عددًا أصغر من العمليات، وجدوا أن الممارسين غالبًا ما يخفقون في منح الفحوص كامل انتباههم، ويقرأون جهرًا ثلثي العناصر فقط[9]. وفيما يزيد على 40% بقليل من الحالات، تغيَّب عضو واحد على الأقل في الفريق الواحد وقت إجراء الفحوص؛ وفي 10% من الوقت كان الجراح الأساسي غير موجود.

كما أظهر البحث أن إتمام جميع الخطوات المذكورة في القائمة المرجعية أمرٌ مهمٌ بحق، وكلما زاد عدد الخطوات التي أنجزها الفريق؛ قلَّت معدلات المضاعفات. كما أظهرت دراسات أخرى متعددة أن درجة الامتثال العالية بالقائمة المرجعية تعني نتائج أفضل.

يقول سيفداليس، الذي كان أحد أعضاء فريق «إمبريال كوليدج» البحثي: «إذا استُخدمت القائمة المرجعية بصورة جيدة، وبروحها الأصلية، وللغرض الذي صُممت لأجله، فإني أعتقد أنها تحمل فرصة حقيقية. أما إذا استُخدمت لغرض التفاخر والتهليل لإنجاز خطوة من القائمة، دون التفكير بجد في المريض، ودون إخطار أعضاء الفريق بجوانب العملية ذات الصلة بهم، فإني أعتقد أن القوائم المرجعية لن تُحْدِث أي فارق».

> **«حين طُرحت القوائم المرجعية، دون أي برنامج، أو داعم، كان من المستحيل – في اعتقادي – على الفِرَق أن تشارك فيها».**

وللوقوف على أسباب عدم استخدام القوائم المرجعية بصورة صحيحة، عقد سيفداليس وزملاؤه مقابلات مع ما يزيد على 100 عضو من أعضاء غرفة العمليات في 10 مستشفيات تابعة لهيئة الخدمات الصحية البريطانية[10]. وقد أفاد نصف المشاركين أن الجرّاحين وأطباء التخدير من ذوي الدرجة الأعلى يقاومون بضراوة أحيانًا استخدام القوائم المرجعية، مما يصعِّب على سائر الفريق إكمال المهام. كما اشتكى العاملون أيضًا من القائمة المرجعية نفسها، فقد قالوا إن صياغتها ركيكة، وتستهلك الوقت، وغير مناسبة لبعض العمليات، أو تكرِّر ما ورد في فحوص سلامة أخرى. كما تساءل البعض أيضًا عما إذا كانت هناك بيانات كافية لدعم استخدام القائمة (انظر: «لماذا تخفق القوائم المرجعية؟»).

وقد اعترض ما يقرب من ربع المشاركين على طريقة طرح القوائم المرجعية. وعلى الرغم من أن بعض المستشفيات قدمت تدريبًا، وطلبت سماع تعقيب العاملين، ففي مؤسسات أخرى، كانت مشاركة المنخرطين بالفعل في غرفة العمليات قليلة. وربما تصعب هذه الاستراتيجية على العاملين الشعور باستثمارهم في القوائم المرجعية، وينتهي الأمر باستخدامها استخدامًا غير صحيح. ويقول عالم النفس ستيفاني روس: «حين طرحت القوائم المرجعية، دون أي برنامج أو داعم، كان من المستحيل ـ على حد اعتقادي ـ

على الفِرَق أن تشارك فيها». ويُذكر أن روس شارك في فريق البحث، ويعمل حاليًا في جامعة أبردين بالمملكة المتحدة.

وقد عقدت ماري ديكسون-وودز، المتخصصة في علم الاجتماع الطبي في جامعة لايستر بالمملكة المتحدة، مقابلات مع أعضاء من فرق 17 وحدة عناية مركزة مشاركة في برنامج[11] «ماتشنج متشيجان». وانتهت إلى أنه مع بداية البرنامج، كانت المستشفيات البريطانية منخرطة بالفعل في العديد من الجهود التي تقودها الحكومة لتقليل الإصابة بالعدوى. وتقول ماري إنه كان يُنظر إلى القائمة المرجعية باعتبارها «مثالًا آخر لمبادرات الجهات الإدارية العليا، الدخيلة والمفروضة»، وأصبحت القائمة «شيئًا يجب تحمُّله، بدلاً من الاستمتاع به»، ولكن في متشيجان، على النقيض، كانت الأداة تُعَدّ أمرًا جديدًا وشيقًا. ولم تكن مفروضة من الحكومة، بل نظّمتها رابطة المستشفيات، التي تحظى بسمعة جيدة، وكانت المشاركة فيها طوعية.

وقد حددت ديكسون-وودز بالفعل وحدة العناية المركزة النموذجية، التي انخفض فيها معدل الإصابة بالعدوى إلى الصفر، بعد البدء في برنامج «ماتشنج متشيجان». كانت الوحدة تحت قيادة طبيب ذي كاريزما عالية، ودافع عن القائمة المرجعية، وحشد الآخرين حولها. تحكي ديكسون-وودز عن هذا الأمر قائلة: «لقد شكل ائتلافات مع زملائه، بحيث سار الجميع على المنوال نفسه، والتزم العاملون كوحدة واحدة بمحاولة إخضاع هذه المشكلة للسيطرة».

كما انتهت أعمال أخرى إلى أنه قد يكون من المفيد إدراج روّاد محليين، يمكنهم تعزيز تدخُّل في المستشفى، وأشار البعض إلى كيفية إشراك زملاء آخرين. وفي دراسة[12] أجريت في عام 2011 على خمسة مستشفيات في ولاية واشنطون، وجد جاواند وزملاؤه أنه من المهم أن يخصص القادة وقتًا لشرح كيفية استخدام القوائم المرجعية، والأسباب التي ينبغي استخدامها لأجلها. «قد يتضمن ذلك كسب تعاطف شخص ما، أو مشاركة أكبر قدر ممكن من الأدلة، أو التحدث من خلال الجانب النظري، أو ضرب مثال مهم»، حسب قول سارة سينجر، الباحثة في سياسات الصحة في كلية هارفارد تي إتش شان للصحة العامة في بوسطن بولاية ماساتشوستس، التي شاركت في تأليف الدراسة.

قائمة داخلية

يوصي الخبراء أيضًا بأن تعدِّل المستشفيات القوائم المرجعية المعيارية؛ لمساعدة الأداة على الاندماج في سير العمل الداخلي؛ للحصول على شعور بالاستثمار والملكية. وشجع برونوفوست في ذلك وحدات العناية المركزة، التي شاركت في مشروع «وحدة رعاية كيستون» على تبنِّي القائمة المرجعية الخاصة به. وقال في هذا الصدد: «كانت القوائم المرجعية متشابهةً بنسبة 95%، ولكن نسبة الاختلاف ـ التي تبلغ 5% ـ جعلت القوائم مفيدةً بالنسبة لهم؛ وقد اعتقد كل مستشفى من تلك المستشفيات أن القائمة المرجعية الخاصة به هي الأفضل».

يعتقد برونوفوست وديكسون-وودز أن عوامل أخرى متعددة أسهمت في نجاح وحدات العناية المركزة في متشيجان. وقد خَلَقَ إمداد المستشفيات بتعقيب منتظم على معدلات الإصابة بالعدوى لديها حالةً من الضغط المجتمعي نحو التحسين، حسب قول وودز وبرونوفوست، كما أن عقْد ورشات عمل شخصية منتظمة أتاح للعاملين في مستشفيات مختلفة مشارَكة خبراتهم، وخَلَقَ إحساسًا بأن المهمة مشتركة.

وبالإضافة إلى ذلك.. فإن اللوجستيات أمرٌ مهم. فبينما كان برونوفوست يطوِّر ـ لأول مرة ـ قائمته المرجعية في مستشفى جونز هوبكنز، لاحظ أنه يتعين على أطباء وحدة العناية المركزة الذهاب إلى ثمانية أماكن مختلفة؛ لجمع كل الإمدادات اللازمة؛ للقيام بإدخال معقم لخط مركزي. وكجزء من برنامج «وحدة رعاية كيستون»، جهّزت المستشفيات عربات احتوت على جميع الإمدادات اللازمة.



SOURCE: REF. 10

وفي دراسة[13] أُجريت في عام 2013، وجد ديكسون-وودز أن مستشفى أفريقيًّا يستخدم قائمة الجراحة المرجعية لمنظمة الصحة العالمية يعاني دائمًا من نقص منظم في الأدوات الأساسية، مثل العلامات الجراحية، والمضادات الحيوية، ومقاييس أكسجين الدم، المطلوبة لاستكمال القائمة، لكن العاملين دائمًا ما كانوا يؤشرون على تلك الخانات بأنه قد تم إنجازها. وأيًّا ما كان الوضع، كما أشار أحد أخصائي التخدير، كان من الأفضل للمريض غالبًا أن يخضع للجراحة في غياب تلك الإمدادات، عن ألّا يخضع لها مطلقًا. وإذا كانت القوائم المرجعية ستنجح في الأماكن منخفضة الدخل، يتعين التعامل مع تلك المشكلات. وفي هذا السياق.. تقول ديكسون-وودز: «لا جدوى من سؤال «هل أعطيت المضاد الحيوي؟» إذا لم يكن هناك مضاد حيوي في المستشفى أساسًا».

الدرس الواضح لجميع مَن يتولّون قيادة المستشفيات هو أنه لا يسعهم إلقاء كومة من القوائم المرجعية في غرفة العمليات، بل عليهم أيضًا أن يشهدوا استخدامها. وتدور أسئلة من نوعية: هل جميع أعضاء الفريق موجودون؟ هل هم في عجلة من أمرهم، أو يتخطّون بعض الخطوات؟ إذا كان الأمر كذلك؛ فتنبغي مناقشة هذه العثرات، والتعامل معها.

ويقول الباحثون التنفيذيون إن قصة القائمة المرجعية يمكن أن تحمل في طياتها دروسًا يُستفاد منها في طرح برامج أخرى في مجالات تتضمن الطب، والتعليم، والعمل الاجتماعي. وفي هذا السياق.. يقول دين فيكسن، الذي شارك في تأسيس شبكة الأبحاث التنفيذية الأمريكية الوطنية في جامعة نورث كارولينا بتشابل هيل: «لدينا تدفق هائل من المال لتطوير الابتكارات، لكن سجل تحويل هذه الابتكارات إلى شيء عملي ينتج ما نرغب فيه في غاية السوء». فعلى مدار العقود القليلة المنصرمة، نشر الباحثون عددًا لا حصر له من الأوراق البحثية حول برامج التوعية المستندة إلى البراهين واستراتيجيات التدريس. ومع ذلك.. حدث بالكاد فَرْق في معدلات التوعية لدى الأمريكيين، البالغين من العمر تسع سنوات، على سبيل المثال.

يرى فيكسن أنه من حسن الحظ أن دروس العلوم التنفيذية «قابلة للتعميم بصورة كاملة»، وأن جميع البرامج يمكنها أن تستفيد من خلال ملاحظة أهمية القيادة المشاركة، والتعديل لمواءمة الظروف الداخلية، وإسهام المستخدمين. ويقول فيكسن: «مهما كان الابتكار جيدًا، ومهما بلغ مقدار ما استُثمر فيه، فإذا لم يكن لدينا ما يكفي من الفطنة للتنفيذ؛ فلن نحصل إلا على النتائج التافهة التي نشهدها عقدًا بعد عقد». ■

إيميلي أنثيز صحفية حرة، مقيمة في مدينة نيويورك.

1. Haynes, A. B. *et al. N. Engl. J. Med.* **360,** 491–499 (2009).
2. Urbach, D. R., Govindarajan, A., Saskin, R., Wilton, A. S. & Baxter, N. N. *N. Engl. J. Med.* **370,** 1029–1038 (2014).
3. Berenholtz, S. M. *et al. Crit. Care Med.* **32,** 2014–2020 (2004).
4. Pronovost, P. *et al. N. Engl. J. Med.* **355,** 2725–2732 (2006).
5. Gawande, A. 'The checklist' *The New Yorker* (10 December 2007); available at go.nature.com/vclrt4
6. Reames, B. N., Krell, R. W., Campbell, D. A. Jr & Dimick, J. B. *JAMA Surg.* **150,** 208–215 (2015).
7. Bion, J. *et al. BMJ Qual. Saf.* **22,** 110–123 (2013).
8. Mayer, E. K. *et al. Ann. Surg.* http://dx.doi.org/10.1097/SLA.0000000000001185 (2015).
9. Russ, S. *et al. J. Am. Coll. Surg.* **220,** 1–11.e4 (2015).
10. Russ, S. J. *et al. Ann. Surg.* **261,** 81–91 (2015).
11. Dixon-Woods, M., Leslie, M., Tarrant, C. & Bion, J. *Implement. Sci.* **8,** 70 (2013).
12. Conley, D. M., Singer, S. J., Edmondson, L., Berry, W. R. & Gawande, A. A. *J. Am. Coll. Surg.* **212,** 873–879 (2011).
13. Aveling, E., McCulloch, P. & Dixon-Woods, M. *BMJ Open* **3,** e003039 (2013).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

لا تتوقف أبدًا مهمة علماء الزلازل في مراقبة الأنشطة الزلزالية.

متربّصدو الزلازل

تعرَّفْ إلى علماء الزلازل، الذين يعملون بدقة على مدار الساعة؛ لرصد الزلازل الكبرى في أي مكان على الأرض.

ألكسندرا ويتز



بدأ كمبيوتر روب ساندرز في إصدار إنذارات متوالية، في الدقيقة السابعة عشرة بعد منتصف الليل من يوم السبت الموافق لـلخامس والعشرين من إبريل الماضي. وتدفقت على شاشته سجلات بخطوط متعرجة من أجهزة قياس الزلازل في التبت، وأفغانستان، والمناطق المجاورة التي أحسَّت بأولى هزات الزلزال المروع. كان ساندرز يعمل في مناوبته كعالِم زلازل مقيم في المركز الوطني للرصد الزلزالي والمسح الجيولوجي الأمريكي، في جولدن بولاية كولورادو، حيث إن عمله هو اكتشاف ما يحدث بسرعة. وفي غضون 30 ثانية، بدأ في تحليل البيانات الزلزالية، وأدرك أن الوقت قد حان لإبلاغ رئيسه.

عندما رن جرس الهاتف في تلك الليلة، كان بول إيرل غافيًا منذ وقت مبكر في غرفة ابنه، البالغ من العمر أربع سنوات. نهض إيرل من سريره، وشغَّل جهاز الكمبيوتر في منزله، وبصفته رئيسًا للعمليات على مدار العام في المركز الوطني للرصد الزلزالي، عرف أنه لا يوجد متسع من الوقت، إذ تلتزم هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية بنشر درجة شدة الهزة وموقعها لأي زلزال كبير في العالم على موقع الإنترنت في غضون عشرين دقيقة، كما يصدر الفريق أيضًا تقديرات سريعة لعدد الأشخاص الذين تعرضوا للأذى. تُصْدِر دول عديدة إنذارات عن الزلازل في المناطق المجاورة لها، ولكن فريق إيرل هو الوحيد الذي يقوم بتحليل الهزات في جميع أنحاء العالم.

تساعد المعلومات الصادرة عن المركز الوطني للرصد الزلزالي كلًّا من الحكومات،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

والمنظمات الإنسانية في اتخاذ قراراتها بشأن آلية العمل في الأزمات. كما أنها تحدد ما إذا كانت فرق البحث والإنقاذ ستتأهب للعمل، أم لا، وما إذا كانت الأسواق المالية ستتأثر بالكوارث الطبيعية المدمرة، أم لا. وماهي إلا دقائق معدودة، حتى يصبح فريق المركز الوطني للرصد الزلزالي محط أنظار المئات من المستجيبين الرئيسين ـ من البيت الأبيض، حتى الأمم المتحدة ـ ليُطْلِعوهم بدقة على مدى فظاعة الزلزال. وفي الخامس والعشرين من إبريل الماضي، انتهى العمل الذي بدأه ساندرز على شاشة الكمبيوتر الخاص به، وسلَّمه إلى حكومة الولايات المتحدة؛ لتقوم بإيفاد فريق الاستجابة إلى مركز الزلزال في نيبال في غضون ساعات.

لا يتمكن علماء الزلازل في المركز الوطني للرصد الزلزالي على الدوام من الفهم الكامل لما يحدث، حيث إنه في بعض الأحيان، تضللهم المعلومات غير الكافية، حيث يعلنون عن حالة تأهب لموقع زلزالي خاطئ، أو شدة زلزالية خاطئة، وذلك قبل أن يتمكنوا من التراجع عنها بسرعة، إلا أنهم يعملون باستمرار على صقل أساليبهم؛ لتسريع زمن استجابتهم للحدث، مع حفاظهم على الدقة. ويقول إيرل في هذا الصدد: «أنْ تكونَ مصدرَ ثقة.. فهذا أمر أكثر أهمية من السرعة بمفردها».

المناوبة الليلية

يشغل المركز الوطني للرصد الزلزالي الطابق الخامس من مبنى كبير في حرم مدرسة كولورادو للمناجم في جولدن، في مكان ليس ببعيد عن مصنع كورس للبيرة، والتماثيل البرونزية الأولية التي صاغها عمال المناجم في هذه المنطقة من ولاية كولورادو. قبل عقد من الزمان، كان من المعتاد أن يزدحم موقف السيارات بشاحنات القنوات الفضائية عقب أي زلزال كبير. أما الآن، فيبقى معظم الصحفيين في المنزل، لأنه باستطاعتهم الحصول على المعلومات بشكل أسرع من المركز عبر الإنترنت. حلَّت شاشات المراقبة الحاسوبية الحديثة محل الأسطوانات الورقية التي تدور ببطء، وكانت في الماضي تعرض الاهتزازات المرصودة في المحطات الزلزالية حول العالم، لكن المركز احتفظ بواحدة من تلك الأجهزة الأثرية للعرض، وهي متمثلة في كرة أرضية خشبية كبيرة، تظهر غالبًا في التقارير التلفزيونية. تآكلت بقع من سطحها الملون، وهي البقع التي كان يلمسها علماء الزلازل بأصابعهم طوال عقود؛ ليشيروا إلى مواقع الزلازل، وبهذا اختفت منها جنوب كاليفورنيا كليًّا، وكذلك اليابان، دليلًا على غزارة حدوث الزلازل في تلك البقع.

أُنشئ مركز الرصد الزلزالي الوطني في عام 1966، وكان يعمل أساسًا خلال ساعات العمل النظامية، مع وجود علماء زلازل للعمل في أوقات أخرى عند الطلب، ولكنْ تغيَّر الوضع عندما ضرب زلزال شدته 9.1 جزيرة سومطرة في عام 2004؛ وتسبب في حدوث «تسونامٍ» مدمر، لقي فيه ما يقرب من ربع مليون شخص حتفهم في جميع أنحاء المحيط الهندي، حيث تغيَّر نظام العمل في المركز الزلزالي، ليصبح على مدار كل ساعات اليوم، في محاولة لتقليل زمن الاستجابة عند وقوع الكوارث الكبرى. والآن، يغطي العمل في المركز 14 عالمًا في الزلازل في ثلاث ورديات للعمل، مع وجود شخصين مقيمين للعمل في أي وقت (وذلك مع تنظيم أوقات دخولهم المرحاض، واستراحات الطعام).

يقوم المركز الوطني للرصد الزلزالي بتحليل أكثر من 20 ألف زلزال في السنة، متناولًا كل الهزات، سواء أكانت غير محسوسة في ولاية كاليفورنيا، أم محسوسة، وصولًا إلى الزلازل المدمرة التي تهز العالم في بعض الأحيان. فالمركز يصدر تقارير بشأن أي زلزال تبلغ شدته 5 أو أكثر على مقياس ريختر في جميع أنحاء العالم، وصولًا إلى الشدة 3 في أجزاء من الولايات المتحدة. وفي الخامس والعشرين من إبريل الماضي، ضرب الزلزال الرئيس الأهم نيبال، حيث بدأت الهزة على عمق 15 كيلومترًا تحت سطح الأرض في تصدع الهيمالايا الكبير، واصطدمت الصفيحة التكتونية التي تحمل الهند بآسيا. وفي تمام الساعة 11:56 صباحًا بالتوقيت المحلي (الذي يوافق الدقيقة الحادية عشرة بعد منتصف الليل في ولاية كولورادو) تَشَكَّلَ صدع بطول 120 كيلومترًا من القشرة الأرضية تحت مدينة جوركا في نيبال، بسبب قوة الاجهاد الناتجة عن هذا الاصطدام الجيولوجي، وأعقب ذلك تسارع وتيرة انتشار موجات من الطاقة الزلزالية في جميع الاتجاهات.

وبمرور 16 ثانية، وصلت الأمواج الزلزالية إلى كاتماندو، أي ما يقرب من 80 كيلومترًا إلى الجنوب الشرقي، وبدأ انهيار آلاف المباني. وبعد مرور دقيقة واحدة، كانت قد اجتازت لاسا، التي تقع على بعد 600 كم شمال شرق مركز الزلزال السطحي، واهتزت أجهزة قياس الزلازل المثبتة على الجرانيت في النفق أسفل التل، حيث تقوم تلك الآلات ـ وهي جزء من شبكة الزلازل العالمية ـ بترحيل البيانات الخاصة بهم على الفور إلى المركز الوطني للرصد الزلزالي.

أُطْلَقَ مركز كولورادو إنذارًا، وانبثقت نافذة على شاشة ساندرز التي ازدحمت بالمعلومات من محطات الرصد في جميع أنحاء آسيا. بدأ ساندرز بتصنيف البيانات، واختيار أفضل التسجيلات الزلزالية، ليعمل على تحليلها. وهنا، قام عالم الزلازل الثاني المناوب في تلك الليلة بالاتصال بإيرل وإيقاظه، حيث بدأ الأخير في العمل على البيانات الزلزالية من المنزل. وبعد مُضِيّ دقائق، واجه ثلاثتهم مهمة حاسمة، تمثلت في تحديد شدة الزلزال، حيث تقيس هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية ثمانية أنواع من الشدة الزلزالية، لكل منها بيانات مختلفة حول قوة الهزات الزلزالية، ومقدار الطاقة التي يطلقها الزلزال. تُعتبر بعض مقاييس الشدة أدق بالنسبة للزلازل صغيرة الشدة، في حين يُفَضل استخدام بعضها الآخر في توصيف الزلازل طويلة الأمد، وكبيرة الشدة.

أصدر المركز الوطني للرصد الزلزالي توصيفه الأوَّلي في الساعة 12:29:42 صباحًا، أي بعد مرور 18 دقيقة، و16 ثانية على بدء الزلزال. الموقع: 77 كم شمال غرب كاتماندو، والشدة: 7.5 على مقياس العزم الزلزالي. يعتمد مقياس العزم الزلزالي تحديدًا على النمذجة الحاسوبية لنوع معين من الموجة الزلزالية، واختار إيرل هذا المقياس، لإحساسه بأنه يمكن أن يعبر عن الشدة بوضوح، ولكن كما هو الحال في الزلازل الكبيرة، لا تكون الشدة المعلَنة رسميًّا هي الشدة النهائية في أغلب الأحيان.

«هذه هي اللحظة التي عَلِمْنا فيها أن هذا الزلزال مدمر».

وفور بدء الفريق في التحليل، هاتَفَ إيرل اثنين من زملائه، وأيقظهما ـ هارلي بنز، وجافن هايز ـ ثم هرول من منزله إلى العمل الذي يفصله عنه مجمعان سكنيّان. وبينما كانت وكالات الأنباء تبث إنذارات عن وقوع زلزال، بلغت قوته 7.5 في نيبال، عكف الباحثون في المركز الوطني للرصد الزلزالي على غربلة وتحليل البيانات الحديثة.

أجرى هايز مجموعة منفصلة من الحسابات النموذجية في منزله، حيث تَستخدم هذه الحسابات بيانات الموجات الزلزالية التي تصل إلى المحطات لاحقًا على فترة زمنية أطول، ولكن هذه الحسابات كانت أكثر ملاءمة هذه المرة لأكبر الزلازل في العالم. وفي تمام الساعة 1:04 صباحًا، وبالاستناد إلى تحليل طور الموجة الزلزالية، قام المركز الوطني للرصد الزلزالي بتحديث قوة زلزال نيبال إلى 7.9 من حيث الشدة. ويقول إيرل في هذا الشأن: «لا يوجد رقم خاطئ بين هذه الأرقام، فكلها صحيحة في نطاق الشدة المحدد». (وبعد ثلاث ساعات، سيعلن المركز الشدة النهائية 7.8، بالاستناد إلى طريقة طور الموجة الزلزالية، وهذا مع الاستناد إلى نموذج أكثر تفصيلًا من البيانات الأحدث).

عندما كان يعمل بإصرار على تحديد شدة الزلزال، قام إيرل باستدعاء عالِم الزلازل ديفيد والد في المركز الوطني للرصد الزلزالي، الذي صادف أنه كان مستيقظًا. يشرف والد على مجموعة من البرامج التي تعتمد على الشدات الزلزالية الأولية في تقدير الوفيات المحتملة والخسائر الاقتصادية. وقد سُمي النظام «بيجر» PAGER، وهو اختصار التقييم الفوري للزلازل العالمية من أجل الاستجابة. ويعتمد هذا النظام على قواعد البيانات الميدانية من الأماكن التي يعيش فيها الناس، وأنواع البناء في منطقة الزلزال، وعدد الضحايا الذين لقوا مصرعهم في زلازل مماثلة في المنطقة سابقًا. وفي حال كان الزلزال كبيرًا بما يكفي، يقوم نظام «بيجر» بإرسال التنبيهات تلقائيًّا.

في الساعة 12:34 صباحًا، استخدم النظام الشدة الأولية 7.5، للتنبؤ بعدد ضحايا يتراوح بين 100 إلى 1,000 حالة وفاة، وقَدَّرَ الأضرار بما بين 10 إلى 100 مليون دولار أمريكي. وهذا يعني تصنيف الزلزال بـ«البرتقالي»، وهو ثاني أعلى حالة تأهب في الكود اللوني لنظام «بيجر». وأضاف والد: «هذه هي اللحظة التي علمنا فيها أن هذا الزلزال مدمر». وبمرور الدقائق.. استمرت الهزات الارتدادية في ضرب كاتماندو. وتم تحديث نظام «بيجر» تلقائيًّا لأكثر من ثلاث مرات على المستوى البرتقالي، ووافق آخر تحديث الساعة 2:16 صباحًا. واستنتج والد بعض البيانات عن مدى انتقال الأرض، ومدى انتشار الهزات الارتدادية، ثم قام بإدخال المعلومات الجديدة يدويًّا إلى نظام «بيجر». وهنا، تصاعدت حالة التأهب على الفور إلى اللون الأحمر، وقدّر عدد الوفيات ما بين 1,000 إلى 10 آلاف حالة وفاة. كانت الساعة عندها 4:14 صباحًا.

استجابة عالمية

في العاصمة واشنطن، أيقظ الهاتف المحمول جاري مايبيري بالتزامن مع الإنذار الأول للمركز الوطني للرصد الزلزالي. وهي عالمة البراكين في هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية، ومستشارة للوكالة الأمريكية للتنمية الدولية لمواجهة الكوارث الطبيعية. قامت الوكالة بتمويل تطوير نظام «بيجر»، وذلك لتبسيط القرارات اللحظية بعد الزلازل تحديدًا. وتتساءل مايبيري: «هل هناك ضرورة لاستدعاء أساسي في الثالثة صباحًا؟ هذا ما يريد الناس معرفته.» كانت الإجابة بنعم في نيبال، فبمجرد أن يُصْدِر فريق كولورادو نتائج تحليله، تقوم مايبيري بإرسال المعلومات بسرعة إلى رؤسائها، الذين يساعدون في تنسيق فرق البحث والإنقاذ في حالة الكوارث الدولية. وكما تقول في مثل هذه الحالات.. «كل دقيقة لها أهميتها». وهكذا في غضون ساعات، أرسلت حكومة الولايات المتحدة فريقًا إلى نيبال.

انخرطت أيضًا مجموعات أخرى في هذا العمل، حيث يقول جيسلي أولافسون من ريكيافيك، وهو يدير نظام الاستجابة لحالات الطوارئ في ائتلاف مكون من 43 مجموعة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

خيرية يُسمى بـ«نيت هوب» NetHope: «أتطلع دومًا إلى أن يصبح نظام «بيجر» متاحًا للجميع». وبدراسته للمعلومات الصادرة عن هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية، عرف أولافسون أن مصدر الهزة كان بعيدًا نسبيًّا عن كاتماندو، لكنه علم أيضًا أن الزلزال قد ضرب التضاريس الجبلية في صدع قريب من سطح الأرض، مما يعني أنه قد دمَّر شبكة الطرق على الأرجح. قام ائتلاف «نيت هوب» على الفور بتحضيرات لوجستية معقدة، ليتمكن من الدخول والخروج إلى المناطق الريفية التي كانت محدودة المنافذ، وسافر أولافسون إلى كاتماندو؛ للعمل على تنسيق نظام الاستجابة هناك.

وكان للدوائر المالية نصيب من هذا النظام، حيث يستخدم البنك الأمريكي للتنمية الأرقام الصادرة عن نظام «بيجر»؛ ليُقِرّ قيمة سندات الكوارث، وهو نوع من التأمين ضد الكوارث الطبيعية، مثل الزلازل. وتشير أحدث التقديرات إلى أن زلزال 25 إبريل الماضي وتوابعه، بما في ذلك الشدة 7.3 المسجلة في 12 مايو الماضي، قد تسبب في مصرع ما يقرب من 8,700 شخص، وهذا يقترب من التقديرات الصادرة عن نظام «بيجر»، التي قُدرت بحوالي 10 آلاف حالة وفاة. هذا.. وقدَّر خبراء كوارث آخرون عدد الوفيات بما يزيد على 50 ألف ضحية، مستخدمين تقييمات مستقلة للخسائر البشرية، وقابلية انهيار البناء.



BARRY GUTIERREZ

في غضون 20 دقيقة، يُصْدِر بول إيرل وفريق العمل في مركز الرصد الزلزالي إنذارات بشأن الزلازل الكبرى.

يقول كيشور جايسوال، المهندس المدني في المركز الوطني للرصد الزلزالي: «تُعتبر طريقة إنشاء المباني واحدة من العوامل التي أنقذت الأرواح في كاتماندو. فهناك مبان حديثة عديدة في المدينة لها إطارات خرسانة مسلحة بقضبان فولاذية، وهو الأمر الذي حال دون انهيار الكثير منها». قام جايسوال بتحليل طريقة البناء هذه سابقًا، وكان عمله واحدًا من الأسباب التي أدت إلى الانخفاض النسبي لتقديرات الوفيات في نظام «بيجر». وعلى الرغم من أن عدد الوفيات كان كبيرًا، إلا أن جايسوال كان يعلم أن جزءًا كبيرًا من المدينة سينجو.

الاحتياج إلى السرعة

كان العمل في المركز الوطني للرصد الزلزالي يسير بوتيرة أكثر هدوءًا بكثير من ليلة الكارثة النيبالية، حيث إنه من بين آلاف الزلازل التي يرصدها الفريق كل شهر، فإن الغالبية العظمى لا تتسبب في مصرع أحد. يقضي إيرل وبنز وهايز وقتهم في تطوير طرق دقيقة وسريعة، لتحليل التصدعات الزلزالية. فعلى سبيل المثال.. تخصَّص هايز في حسابات «العزم الزلزالي»، و«الصدع المحدود»، وكلاهما يعطيان معلومات دقيقة عن كيفية حدوث التصدع.

وبالرغم من أن فريق إيرل يخطئ أحيانًا، إلا أنه يعتبر أن تجنب الوقوع في أخطاء كبيرة أحد أهم الأولويات في المركز الزلزالي. فعلى سبيل المثال.. وقع أحد الأخطاء الملحوظة في عام 2013، عندما أُطْلَق إنذارًا في يوم «عيد الميلاد ـ الكريسماس» لزلزال بلغت شدته 22، حيث كان من المفترض أن يقال إنّ الشدة 2.2. ونتيجة لهذا الخطأ المطبعي، قام المركز الوطني للرصد الزلزالي بإزالة كل أشكال الكتابة الآدمية من النظام الآلي. وفي شهر مايو الماضي، أعلنت هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية عن العديد من الزلازل الوهمية في ولاية كاليفورنيا، التي كانت في واقع الأمر مجرد اهتزازات ناتجة عن هزات بعيدة في ألاسكا، واليابان. وقد تمكَّن أحد علماء الزلازل المقيمين من تحديد المشكلة، لكن البرنامج الذي يوزع التنبيهات لم يستجب للتصحيح.

يتطلب تقليص عدد الإنذارات الخاطئة والتأكد من صدور الإنذارات الحقيقية في وقتها تآلفًا دقيقًا من المهارة والسرعة. فالمركز الوطني للرصد الزلزالي تصله البيانات من نحو 1,800 محطة حول العالم، ولكن توجد ثغرات تؤدي إلى إبطاء عملية التحليلات الزلزالية. تحدد شبكة تنبيه الزلازل الوطنية الصينية فترة زمنية تُقَدَّر بثلاثين دقيقة كزمن تأخير على الكثير من المعلومات، ولذلك.. فمن النادر أن يستخدمها فريق إيرل. كما أن الهند لا تنشر بياناتها الزلزالية. وقد حذر علماء الزلازل منذ فترة طويلة من مخاطر الزلازل في نيبال، ومع ذلك.. لم تكن هناك محطة واحدة لتزوِّد نظام هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية بالبيانات الآلية فور وصولها. وتقول ثورن لاي ـ عالمة رصد الزلازل في جامعة كاليفورنيا في سانتا كروز ـ إنه لو تمكنت الوكالة من الحصول على معظم البيانات الآلية فور وصولها من محطات أقرب إلى مركز الزلزال السطحي؛ لتمكَّن علماء الزلازل من تحديد موقع زلزال نيبال بشكل أسرع مما تم.

وبالرغم من سرعته، لا يُعتبر المركز الوطني للرصد الزلزالي النظام الأسرع للإبلاغ عن الزلازل في الولايات المتحدة. وقد حاز على هذا اللقب مركزا التحذير من التسونامي، التابعان للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي، اللذان بلَّغا بالاستناد إلى الشبكة الزلزالية نفسها عن مواقع وشدة زلزالية أكبر، في غضون 3 دقائق فحسب من وقوع الزلزال، إلا أنها تختص برصد الهزات في المحيطات بالقرب من أراضي الولايات المتحدة على وجه الخصوص. يحث المركز الوطني للرصد الزلزالي على تقليص زمن الإبلاغ عن وقوع الزلازل إلى أقل عدد ممكن من الثواني. كما يشتمل أحد المشروعات القائمة على استخدام تطبيق شبكة التواصل الاجتماعي «تويتر». وقد أعدَّ إيرل نظامًا إلكترونيًّا، يقوم بترصد الكلمات، مثل «زلزال»، في لغات مختلفة لتغريدات «تويتر» من جميع أنحاء العالم (P. Earle *Nature Geosci*. **3**, 221–222; 2010). ويتوجب عليه أن يقوم بغربلة الحالات التي لا علاقة لها بالأمر، بما في ذلك ما يشير إلى لعبة فيديو الزلزال، ولكن بمجرد أن ينفذ ذلك؛ سيتمكن من الحصول على إشعار مسبق بأن شيئًا مهمًّا يحدث. ويضيف إيرل قائلًا إنه «عندما يقوم شخص ما في إندونيسيا بكتابة تغريدة «gempa»، أو كلمة «زلزال»، «ستكون على خادم الكمبيوتر لدينا في غضون خمس ثوان».

ويمكن أن تصل التغريدات إلى المركز الوطني للرصد الزلزالي بشكل أسرع من وصول الموجات الزلزالية إلى محطات التسجيل. ففي عام 2012، تزامن وقوع هزة بقوة 4.0 على مقياس ريختر في ولاية ماين مع سيل من التغريدات من المنطقة المحيطة بمركز الزلزال السطحي، حيث حصل إيرل على إخطار نَصِّي تلقائي قبل انتشار الهزة في بريطانيا الجديدة. ويحكي عن ذلك قائلًا: « كنت في محل «سيفواي»، أشتري بعض المواد البقولية، وعلمت بوقوع الزلزال، قبل أن يشعر الآخرون به. لم يكن هناك مصدر، سوى بيانات شبكة تويتر». وتُعتبر تجربة شبكة «تويتر» مفيدة للغاية في الأماكن التي لا تزوِّد هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية بالكثير من البيانات الآلية، مثل أجزاء من أمريكا الجنوبية، وإندونيسيا. وعلى الرغم من أنها لن تحل أبدًا محل الطرق التقليدية في المركز الوطني للرصد الزلزالي، إلا أنها تمكِّن من تنبيه علماء الزلازل هناك؛ ليبقوا على اطلاع على البيانات الواردة.

إنّ الزلازل لا تتوقف عن الوقوع أبدًا، فقبيل انتهاء وقت الظهيرة من يوم جمعة طويل في مايو الماضي، كان إيرل يقف أمام مكتبه، عندما رن هاتف «الآي فون» الخاص به، ليبلغه بوقوع زلزال، بلغت شدته 6.9 في جُزُر سولومون، حيث قال: « لن يكون هذا الزلزال بالقرب من منطقة مأهولة بالسكان، ولكنه زلزال كبير. سأتواصل مع أحدهم». واتجه خارج الباب، قبل أن ينهي جملته. مشى إيرل بسرعة أسفل المدخل. في الماضي، كان تسلسل شاشات العرض، المُعَدّ من أجل الكاميرات التلفزيونية، يقوده إلى مكتب عالمة الزلازل جانا بورسيلي. وهناك يسأل: «جانا، هل استقبلتِ ذلك؟»، تجيب جانا: «لا، شين فَعَلَ ذلك»، وتشير بيدها إلى عالِم الزلازل الذي يعمل في آخر القاعة. يقول إيرل: «نعم»، «سيحررها شين، وبعد ذلك سأجعل بروس يراجع بيانات العزم الزلزالي، وعندها نكون قد أنجزنا العمل». وبعد تصنيفه لذلك الزلزال، يعود إيرل إلى مكتبه، ويشغل الغلاية الكهربائية الموضوعة بجانب حافظتي القهوة الشعبية المجففة بالتبريد. يقول إيرل: «جلبت أرخص نوع ممكن من القهوة، لأني لم أعد أتذوقها بعد الآن، بل أشربها فقط.» ويعود مرة أخرى إلى جهاز المراقبة الخاص به، في انتظار الزلزال التالي. ■

تكتب ألكسندرا ويتز لدورية *Nature* من بولدر في كولورادو.



CHRISTOPH WEHRER/STIFTUNG HAUS DER KLEINEN FORSCHER

إطلاق القدرات المدفونة في العلماء الصغار

يجرّب المعلمون في جميع أنحاء العالم طرقًا جديدة لتعليم باحثي المستقبل، بدءًا من مرحلة ما قبل المدرسة.

كان الأطفال الذين تبلغ أعمارهم خمس سنوات يؤمنون بأن الأشجار هي التي تصنع الريح عندما تهز فروعها، لكن لم يكن معلِّمهم يصحِّح معلوماتهم الخاطئة، بل يسألهم ـ بدلًا من ذلك ـ عمّا إذا كان أحد منهم قد رأى ريحًا في مكان لا توجد فيه أشجار من قبل. ذكر أحد الصبية زيارة لشاطئ البحر ذات مرة، رأى فيها الريح تثير المياه والرمال، ولم ير أي أشجار في الأفق، ولاحظ طفل آخر أن السيارات المتحركة تثير الأوراق المتساقطة؛ لتتطاير في حركة دائرية. وبذلك.. يقرر الأطفال أنه ربما ليست الأشجار هي مصدر الرياح.

هكذا يمضي يوم عادي للمشاركين في «بيت العلماء الصغار» *Haus der kleinen Forscher* في ألمانيا، وهو البرنامج الذي نما في أقل من عقد من الزمن، ليصل إلى نحو نصف الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين ثلاث وست سنوات هناك. بعد إطلاقه في عام 2006 من قِبَل مجموعة من كبار رجال الأعمال الألمان، الذين كانوا في حالة فزع من الأداء

مونيا بيكر

الباهت لبلادهم في امتحانات الطلاب الدولية. تلقَّى برنامج «بيت العلماء الصغار» دعمًا وتمويلًا من الحكومة الاتحادية في عام 2008. واليوم، تعمل أشكال مختلفة من هذا البرنامج أيضًا في أستراليا، والنمسا، وهولندا، والبرازيل، وتايلاند، متضمنةً 14,000 مركز في تايلاند وحدها.

إن «بيت العلماء الصغار» ليس سوى أحد البرامج العديدة التي تُقَدَّم حول العالم؛ لتحفيز القدرات العلمية لدى الشباب، من خلال مشاركة فعالة مع العالم المحيط بهم. وقد تم التحقق من فعالية هذا النهج من خلال مئات الدراسات التجريبية. يقول جاي لابوف، المستشار التعليمي الأول في الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم، وهي واحدة من العديد من المؤسسات المؤيدة لهذا النمط التعليمي: «لا يعني ذلك تعلُّم المضمون كشيء يمكنك حفظه واجتراره، بل كمادة أولية تصلح لتشكيل

اكتشف أطفال في حضانة ألمانية للتوّ كيفية صنع «إعصار في زجاجة».

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الروابط، ورسم الاستدلالات، وخلق معلومات جديدة. باختصار.. هو تعلّم كيفية التعلم». وترسم هنا دورية *Nature* ملامح النماذج المبتكرة لمثل هذه الأنشطة، منذ مرحلة ما قبل المدرسة، وحتى الجامعة، فإذا أراد أحدهم أن يحوّل طفله إلى عالِم مستقبلي للقرن الواحد والعشرين، فهذا هو المنهج المناسب.

إجراء التجارب في مرحلة ما قبل المدرسة

يمثل «بيت العلماء الصغار» خروجًا عن الدور التقليدي للمعلمين، حسب قول كريستينا جوث، مدرّسة رياض الأطفال التي تشارك في البرنامج. وتقول: «عليك في هذا البرنامج أن تكون مستعدًّا للقيام بأمور، قد لا تؤدي إلى نتيجة مع الأطفال، فهم لن يأخذوا معهم إلى المنزل شيئًا يمكن أن يعرضوه على والديهم». وبدلًا من ذلك.. يحاول المعلمون الذين تدربوا على هذا الأسلوب دفْع الأطفال لطرح أسئلة حول الظواهر الطبيعية، والأمور المتعلقة بالحياة اليومية. ومع إجابات الأطفال الساذجة (كالقول مثلًا إن أوراق الأشجار المهتزة تثير الرياح)، يساعدهم المعلمون على القيام باختبارات؛ للتأكد من صحة تلك الإجابات، ومحاكاة طريقة ممارسة الباحثين الكبار للعلم في الواقع، ولكن كما هو الحال مع الاكتشافات العلمية، فنقاط النهاية ليست مؤكدة، حسب رأي جوث، التي تقول: «كان عليَّ أنا شخصيًّا أن أكون قوية بما يكفي، لكي لا أضع توقعات في مسألة علمية محددة للأطفال، بل السماح لهم باتخاذ القرار، وطرح الأسئلة، والاستكشاف».

في وحدة تتحدث عن «المياه»، على سبيل المثال، جادل طفل يبلغ من العمر خمس سنوات بأن قطعة اليورو النقدية يمكنها جمع قطرات ماء أكثر من قطعة الخمسين سنتًا التي تكبرها حجمًا، لأن الأولى تستطيع شراء أشياء أكثر. وقام هو ورفاقه بحساب عدد القطرات التي يستطيعون تنقيطها على أسطح القطع النقدية. وفي النهاية، لم يتمكن الأطفال من التوصل إلى إجابة محددة، ولكن كما تقول جوث: «لا بأس بهذا، فإن الغاية هي إثارة الأسئلة، والتيقّن من إمكانية الاستكشاف العقلاني».

تبدأ الأنشطة مع الأغراض والتجارب المألوفة بالنسبة إلى الأطفال، التي يمكنها أن تكون مجالًا للكثير من الإبداع عند تطبيق البرنامج في أماكن وأوساط ثقافية مختلفة. فالنسخة الأسترالية مثلًا لا يمكنها الاعتماد على معرفة الأطفال بالأجواء الشتوية؛ وتركّز ـ بدلًا من ذلك ـ على مكعبات الثلج. أما في تايلاند، فيعتمد أحد الأنشطة على فوانيس السماء.. وهي بالونات هواء ساخن صغيرة، شائعة الاستعمال في احتفالات الأعياد. فمهما تكن طريقة إعداد الاختبارات، يقول الأطفال إنهم يستمتعون بإجراء تجاربهم المرتجَلة، ويقول المدافعون عن البرنامج إنه في هذه العملية يتعلم الأطفال دروسًا قيّمة عن كيفية التخطيط، وحل المشكلات، ناهيك عن اكتساب الثقة بالنفس، لكن للأسف.. سيكون من الصعب تحديد تأثير البرنامج على الطلاب، حسب تحذير مريام ستيفنسكي، معلمة الكيمياء في معهد لايبنتز لتدريس العلوم والرياضيات في كييل بألمانيا. وإذا تجاهلنا كل المشكلات، كما تقول، فالمقارنات ستكون صعبة، لأن المعلمين في كل موقع لديهم الحرية في تنفيذ منهج «بيت العلماء الصغار» بطرق مختلفة. ومع ذلك.. فإن الأكاديمية الألمانية للعلوم والهندسة ـ إلى جانب مؤسسات تعليمية أخرى ـ قد كلفت ستيفنسكي والعديد من الباحثين الآخرين بإجراء تقييمات مستقلة للبرنامج. وسوف تستمر الدراسات لثلاث سنوات، كما تضم مجموعات ضابطة، سوف تغطي مئات الطلاب من عشرات المراكز؛ لمعرفة ما إذا كان البرنامج يعزز المهارات اللغوية والعلمية لدى الأطفال، أم لا.

وبرغم أن هذه التقييمات لن تكتمل قبل حلول العام المقبل، أظهر استبيان أُجري في عام 2013، وشارك فيه أكثر من 3,000 معلم، أنهم يشعرون بالمزيد من الثقة، ويستمتعون بتدريس العلوم. تقول جوث: «كل ما عليك فعله هو إتاحة المكان، والوقت، والإمكانيات للأطفال. آمِنْ بقدرتهم على حل الألغاز، وستجدهم يَقْدِرون».

متعاونو المدارس الثانوية

إن معهد هْوا تشونج (HCI) هو مدرسة ثانوية للنخبة في سنغافورة، يُقْبَل فيه الطلاب الأفضل أداء فقط، ثم يتيح لهم استعمال المعدّات المتطورة ـ بما في ذلك مجهر القوة الذَّرِّيّة، وحاضنات زراعة الخلايا ـ التي تتمناها جامعات عديدة، ولكن بالنسبة إلى مديرة الدراسات، هار هْوي بنج، فهو غير كاف.. فلطالما رغبت في إعطاء طلابها تحديًا إضافيًّا، وإذاقتهم نكهة أداء العمل العلمي في العالَم المترابط. كانت الفرصة قد سنحت لها قبل عقد من الزمان بلقاء مصادفة مع جورج وولف، المُرَبِّي الأمريكي، الذي قال لها إنه كان بصدد إنشاء أكاديمية العلوم (AoS)، وهي مدرسة ثانوية انتقائية، يموِّلها القطاع العام في ستيرلينج، فرجينيا، حيث يمكن للطلاب تصميم وإجراء البحوث. واكتشف كلاهما الفرصة الفريدة، التي يمكنهما من خلالها تعليم طلابهما المهارات الأساسية للعلم في القرن الواحد والعشرين، وهي «التعاون».

في شهر أكتوبر، أو نوفمبر، من كل عام منذ 2006، يسافر نحو اثني عشر طالبًا من طلاب معهد هْوا تشونج، الذين تتراوح أعمارهم بين 14، و15 عامًا، إلى أكاديمية العلوم؛ لبدء المشروعات البحثية، التي تستمر لمدة سنة دراسية كاملة. ويتم العمل ضمن فِرَق تتشكل من أربعة طلاب ـ اثنين من كل بلد ـ على مشروعات معينة، مثل فحص اليرقات؛ بحثًا عن المركّبات المضادة للميكروبات. وبعد تسعة أشهر، ينضمّ طلاب أكاديمية العلوم إلى زملائهم في سنغافورة؛ لاستكمال التحليل النهائي، والإعداد لتقديم النتائج.

في البداية، فرضت أنماط ثقافية معينة نفسها، على حد قول آشلي فيرجسون، التي شاركت في البرنامج كطالبة في أكاديمية العلوم. كان الطلاب الأمريكيون «أكثر إبداعًا وتدفقًا»، كما تقول، في حين كان زملاؤهم في معهد هْوا تشونج أكثر تركيزًا وتوجيهًا، فقد وضعوا في اعتبارهم الأدوات المتاحة، والتجارب التي يمكن تصميمها حولها. «كان تعلّم بعض هذا التفكير الأكثر تنظيمًا مفيدًا لنا»، كما تقول فيرجوسون، التي باتت الآن من الطلاب الأقدم في جامعة فيرجينيا في شارلوتسفيل.

أمّا إرنست تشين، الذي تخرَّج في معهد هْوا تشونج، ويدرس الآن في جامعة كمبريدج بالمملكة المتحدة، يقول إن المشروع علّمه أهمية التواصل. فعندما اصطدم بعقبة في مشروعه الذي يدور حول تعديل بوليمر كيميائيًّا؛ لامتزاز أيونات المعادن المحلولة، أراد هو وطالب آخر في فريقه من معهد هْوا تشونج إحداث تغيير في الأساليب، مما سبب إزعاجًا لزملائهما في أكاديمية العلوم، الذين كانوا يريدون الالتزام بالبروتوكول المتفق عليه. وأدَّت الرسائل الإلكترونية المتبادلة إلى تعليم الجميع مهارات المثابرة والإقناع. فـ«بدلًا من إرسال الرسالة الأولى قائلًا: «سأقوم بتغيير هذا الأمر»، سأقول: «لقد حاولنا فعل ذلك، لكنه لم يُجْدِ نفعًا، لذا.. نريد تغييره». وبذلك.. يظل أعضاء الفريق بعد عدة سنوات على اتصال عبر وسائل التواصل الاجتماعي.

« كان عليَّ أنا شخصيًّا أن أكون قوية بما يكفي، لكي لا أضع توقعات في مسألة علمية محددة للأطفال، بل السماح لهم باتخاذ القرار، وطرح الأسئلة، والاستكشاف».

يتفق هار وولف على أن الأمر الأكثر أهمية هو تعلم العمل بفعالية كفريق واحد، وتبدأ المرحلة الأفضل حين «يبدأ الطلاب في الاهتمام ببعضهم البعض». فمثلًا، يحرص الطلاب في مدرسة واحدة على التأكد من استكمال الجزء الخاص بهم من المشروع، قبل حلول وقت امتحانات المدارس الأخرى، لإعطاء زملائهم وقتًا للدراسة، كما تقول هار.

يقول وولف ـ الذي يشغل الآن منصب مدير أكاديمية العلوم ـ إن هذا الاعتبار هو النقطة الأهم، ويقول أيضًا: «إن مهمتنا هي تعليم الأطفال ممارسة العلوم. فإذا نظرتم إلى ما يقوم به العلماء في الواقع، ستجدون أنه لا أحد يعمل بمفرده».

الباحثون المراهقون

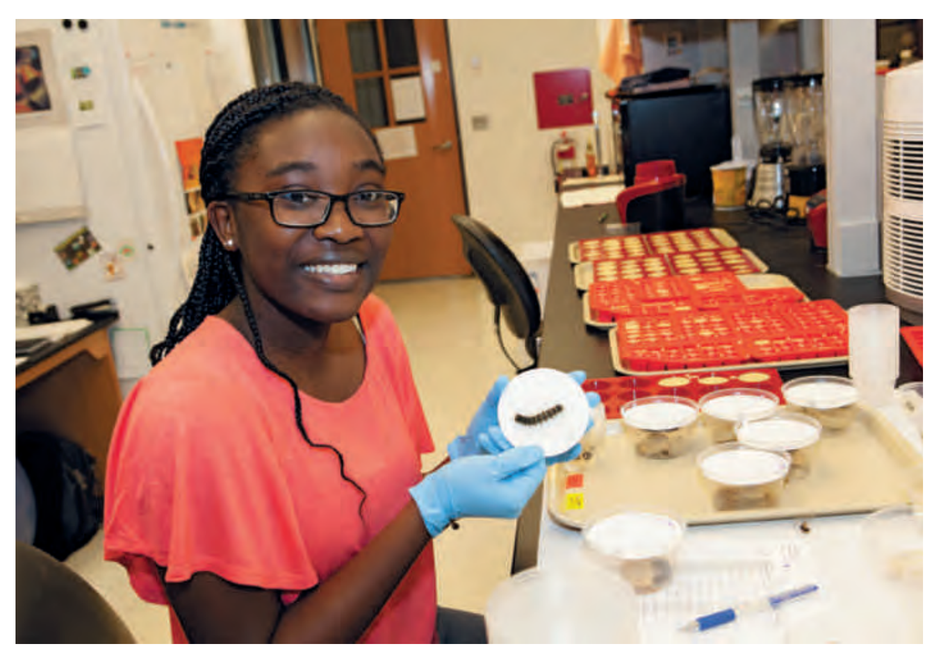
يجري كال هيويت حساباته الفيزيائية عن طريق شبكة من أجهزة الكمبيوتر الموزعة، والمجهَّزة في المملكة المتحدة من قِبَل مختبر سيرن (CERN)، وهو المختبر الأوروبي لفيزياء الجسيمات، الموجود بالقرب من جنيف في سويسرا. وباستعمال ما يعادل حوالي 40,000 جهاز كمبيوتر شخصي، يعمد هيويت وزملاؤه إلى حساب أنواع وطاقات ومسارات جسيمات، تم اكتشافها من خلال تجربة أُنشئت في مؤسسته، وأُطلقت إلى الفضاء في العام الماضي. ويمكن للنتائج التي توصلت إليها المجموعة اقتراح سبل؛ لمنع تَلَف الأقمار الصناعية، وربما وَضْع نظريات حول مصدر الأشعة الكونية خارج المجرّة. ومع القليل من الحظ، سيتحقق ذلك قبل أن يبلغ هيويت الثامنة عشرة من عمره.

وهيويت طالب في مدرسة سيمون لانجتون في كانتربوري بالمملكة المتحدة، حيث يقوم الطلاب بشكل روتيني بتصميم وأداء تجارب حقيقية وطموحة. وقد قدّم بعض الطلاب ـ ومن ضمنهم هيويت ـ أعمالهم في مؤتمرات علمية؛ كما نشر القليل منهم أبحاثًا أصلية في الدوريات التي تخضع لمراجعة الأقران.

إن فلسفة المدرسة بسيطة، وفقًا لقول بيكي باركر، التي تدير مركز «لانجتون ستار»، الذي يتولى البرامج البحثية في المدرسة: «لنمنح الطلاب فرصة لممارسة العلم الحقيقي، وتذوُّق لذة الاستكشاف».

إن «سيمون لانجتون» هو معهد للنخبة، تموِّله الدولة، ويتم قبول الطلاب استنادًا إلى اختبار للقدرات في سن الحادية عشرة. وقد بدأ اتجاه المدرسة نحو بحوث





بحوث المختبر الصيفية لطالبة ملتحقة بدورة العلوم المتكاملة في جامعة ريتشموند.

المراهقين قبل عقد مضى، عندما قررت باركر الاشتراك في برنامج يمنح طلاب المدارس الثانوية الحقّ في التواصل عن بُعْد مع التليسكوبات في أستراليا وهاواي. وبدلًا من اللجوء إلى العروض الاعتيادية التي يقدمها المعلمون، سلّمت باركر زمام الأمور للطلاب، الذين استفادوا من حريتهم لتأكيد وجود ستة من الكويكبات المعروفة، بالإضافة إلى مداراتها التي تقرّبها من الأرض، كما اكتشفوا كوكبين جديدين.

في الوقت نفسه تقريبًا، اشترك طلاب لانجتون في مسابقة يديرها المركز البريطاني الوطني للفضاء، لتصميم تجربة يمكن أن تُجرى في الفضاء، معتمِدين على تقنية الكشف عن الأشعة الكونية، التي كانوا قد تعرفوا عليها في رحلة ميدانية إلى مختبر سيرن. عرَض منظمو المسابقة إطلاق البرنامج، إذا تمكَّن الطلاب من إيجاد تمويل له؛ وقد تمكنوا من ذلك بالفعل. ومنذ ذلك الحين، أصبحت المشروعات البحثية من العيار الثقيل تتصدر الأنشطة غير الصَّفِّيَّة للطلاب.

يُجْرِي الطلاب الآن عمليات حسابية على بيانات من «كاشف الأجسام الغريبة وحيدة القطب في مصادم الهادرونات الكبير» MoEDAL الخاص بمختبر سيرن، للبحث عن بعضٍ من أكثر الظواهر الفيزيائية غرابة، كالثقوب السوداء المجهرية. إن لانجتون هي المدرسة الثانوية الوحيدة المشاركِة كعضو كامل في أي تعاون رئيس له علاقة بفيزياء الجسيمات، حسب قول جيمس بينفولد، وهو عالِم في فيزياء الجسيمات بجامعة ألبرتا في إدمونتون بكندا، والناطق الرسمي لتحالف MoEDAL. يقول: «أقنعنا عملهم في الفضاء بقدرتهم على إنجاز المهمة المطلوبة».

في مكان آخر من المدرسة، يستخدم فريق من الطلاب التحليل الجيني؛ لاستيلاد وتقييم سلالات قمح مقاوِمة للجفاف، ويسعى فريق آخر للكشف عن الآليات الجزيئية لمرض تصلُّب الأنسجة المتعدد، وهو مشروع تَطَلَّب إذنًا لإجراء التعديل الوراثي في الخميرة؛ ليتسنى للطلاب البحث في الجينات البشرية عن البروتين الأساسي لتكوين المايلين، وكانت لانجتون هي أول مدرسة ثانوية تحصل على مثل هذا التصريح. وتقدِّر باركر إسهام لانجتون الطلابية بـ1% من مجمل الطلاب، و2% على الأقل من الطالبات الإناث، الذين ينضمون إلى برامج الفيزياء الجامعية في المملكة المتحدة.

هناك مدارس ثانوية أخرى أيضًا تشجع البحوث التي يقودها الطلاب، لكن حجم ومجال ونوعية العمل في مركز لانجتون تضعها في مكان بارز. ولدعم العمل، قامت باركر وطلابها بجمع الأموال من هيئات كالحكومة المحلية ومنظمات العلوم الوطنية. وتمكنت هذه التمويلات من دعم وجود مختص بفيزياء الجسيمات للعمل بدوام كامل في مدرسة لانجتون، لتقديم المشورة للطلاب، وبناء القدرات البحثية في المدارس الثانوية الأخرى.

تشيد الغالبية بدور باركر في نجاح المدرسة العلمي؛ ففي وقت ما، اقتصر عدد فرق المشروعات على عدد الطلاب الذي يمكن نقلهم في سيارتها، لكن باركر تقول إن المعلمين توّاقون لتقديم الوقت اللازم للبحوث اللاصفية بمجرد أن يروا الممكن منها.

ولنَشْر أفكار لانجتون تلك، سيكون مشروع باركر القادم هو معهد البحوث في المدارس، الذي سيدعم مدرّسي العلوم في المدارس الراغبين في إطلاق مشروعات بحثية حقيقية. وهكذا ينبغي أن يكون التعليم، كما تقول كيتلين كوك، الطالبة في مدرسة لانجتون، التي تعمل في فريق MoEDAL. وتتابع بقولها: «لأننا قد جربنا بالفعل الكثير من العمل، اتضحت لنا حقيقة بحوث الفيزياء». وتوافقها في ذلك زميلتها فلور بوميروي، التي تقول: «لماذا يتساءل الناس عن سبب قيامنا بعلم حقيقي وجاد؟».

طلاب جامعيون متعددو التخصصات

حين خَطَّطَ تايلر هايست لسنته الأولى في الجامعة، قرر أن يلقي بنفسه في العلم دون حدود. واستفاد في ذلك من حقيقة أنه برغم أن معظم دورات العلوم في الجامعات تُدار من قِبَل إدارات فردية، وتركز على تخصّص واحد، إلا أن صفّ العلم الكَمِّي المتكامل في جامعة ريتشموند في ولاية فرجينيا يعرض في الوقت نفسه مقدمات لخمسة تخصصات: الأحياء، والكيمياء، والفيزياء، والرياضيات، وعلوم الكمبيوتر. والأفضل من ذلك أنه يتم تنظيم الدروس في الدورة، لتتضمن مشكلات متعددة التخصصات، مثل مقاومة المضادات الحيوية، والاستجابات الخلوية للحرارة.

وفي عام 2010، تَقَدَّمَ هايست بطلب لأحد المواقع العشرين المتاحة في هذه الدورة، وتم قبوله. ومستلهمًا بتلك التجربة.. سيبدأ في وقت لاحق من هذا العام أعمال رسالة الدكتوراة في نُظُم المعلومات البيولوجية في جامعة برينستون في نيو جيرسي.

نشأت أصول الدورة المتكاملة عن تقرير صدر قبل أكثر من عقد من الزمان. وقد خلُص فيه مجلس الأبحاث القومي الأمريكي إلى أن الأبحاث البيولوجية قد تغيرت بشكل كبير؛ لدمج العلوم الفيزيائية والحاسوبية، ولكن التعليم البيولوجي لم يتغير. وقد اعتقدت أبريل هيل، أستاذة الأحياء في جامعة ريتشموند، أن أفضل طريقة لإصلاح هذه المشكلة تتمثل في إعادة تنظيم الدورات التمهيدية، لمراجعة المفاهيم الأساسية من عدة تخصصات عبر عدسة الأسئلة العلمية الحقيقية، بدلًا من أخذ الطلاب في مسيرة تقليدية عبر التخصصات، واحدًا تلو الآخر. وقد طبَّقت هيل وزملاؤها برنامجهم لأول مرة في عام 2009.

وعلى الرغم من أن الدورات متعددة التخصصات تُعتبر بالكاد جديدة، فقد برز نهج هيل، لجَمْعه بين خمسة تخصصات متميزة، ولاستهدافه صفوفًا تمهيدية، وتضمين بعض البحوث المختبرية المدفوعة في الصيف التالي للدورة. تقول إلين جولدي ـ التي ترأس قسم الأحياء في كلية ووفورد في سبارتانبورج بولاية ساوث كارولينا ـ إن الجهد الذي بذلته جامعة ريتشموند قد ألهم المعاهد الجامعية الأخرى؛ لإعداد برامج مشابهة. وتقول: «ثمّة نموذج موجود الآن، ولذا.. لن يحتاجوا إلى إعادة اختراع العجلة من جديد».

تقول هيل إن الجهد الإضافي المطلوب لدمج تخصصات متعددة يؤتي أُكُلَه بشكل أفضل من المتوقع؛ فقد سهّلت الدورة التعاون بين التخصصات المختلفة، بناءً على الشبكات الجينية التي تتحكم في تطور معظم الكائنات الأساسية متعددة الخلايا. وتقول أيضًا: «الآن، وقد أمضيت ست سنوات من التدريس متعدد التخصصات، لا أستطيع أن أتخيل نفسي دون أن أقوم به».

في عام 2012، تَضَاعَف عدد الطلاب الملتحقين بالدورات الجامعية متعددة التخصصات في الجامعة، وتضاعفت كذلك الجهود المبذولة لتجنيد طلاب من الأقليات. وثمة برنامج مرافق، يُسمى «سمارت» SMART، هو في عامه الثاني الآن، ويخدم الطلاب الذين تلقوا إعدادًا دراسيًّا ثانويًّا أقل صرامة. ويساعد البرنامج الصيفي الذي يُجرى قبل الالتحاق بالكلية، الحافل بالتوجيهات والرياضيات، على إعداد الطلاب للدورات متعددة التخصصات. وقد تمكَّن أكثر من 30% من الطلاب الذين التحقوا بالصف المتكامل في عامي 2009 و2010 من البدء في برامج الدكتوراة. ومِن المرجَّح أن يتمكن الطلاب الذين يلتحقون بالدورات المتكاملة من التخرج من أحد برامج العلوم والتكنولوجيا والهندسة، وتبلغ نسبة هؤلاء 92% بالمقارنة بـ60%، أو أقل من الطلاب الجامعيين الآخرين الذين يلتحقون بهذه البرامج من البداية، كما أنهم يحضرون مجموعة من الصفوف الأكثر تنوعًا.

يقول هايست ـ على سبيل المثال ـ إن البرنامج قد ساعده على اجتياز صفوف المستويات الأعلى، التي تطلَّبت منه قراءة أدبيات الأحياء الأولية التي تضمَّنت مفاهيم من الفيزياء، أو علوم الكمبيوتر، ويثني على الدورة لتوسيعها مداركه في سبل الاستكشاف العلمي، كما يقول: «يجعلك ذلك تعيد النظر في القيود التي تضعها على تلك الأمور». ■

مونيا بيكر كاتبة ومحررة لصالح دورية *Nature* في سان فرانسيسكو، كاليفورنيا.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تعليقات

ILLUSTRATION BY DAVID PARKINS

يحتاج أساتذة العلوم إلى تدريب على مهارات القيادة

لتشجيع روح الاكتشاف، ينبغي على العلماء الذين يقودون الفرق البحثية، سواء أكانت كبيرة، أم صغيرة، أن يتعلموا كيفية التعامل مع مختلف الشخصيات، حسب رؤية **تشارلز إي لايسرسون**، و**تشاك ماكفيني**.

التعلم مسيرةٌ لا تنتهي أبدًا، فعلى الأساتذة دائمًا أن يحدِّثوا مهاراتهم الفنية، ويطوروها على مدار مسارهم المهني. ومع تقدمهم في مسارهم المهني، نجد قليلًا منهم يكبد نفسه عناء تخصيص بعض الوقت لتعلُّم كيف يصبح قائدًا فعَّالًا، بل ولا يحظى الكثير منهم بتلك الفرصة.

ومن عواقب ذلك.. أن الفرق الأكاديمية تضيع الوقت في التعامل مع مسائل شخصية وغير مفيدة، تعترض عملهم، كما يفقدون الحماس، ويتورطون في نزاعات غير ضرورية. وعندما لا يكون مسار العمل سلسًا، تكون التكلفة باهظة من الناحية المالية والإنتاجية، ومن ناحية الاحتفاظ بالمواهب[1].

ينبغي على القادة أن يكونوا مصدر إلهامٍ للآخرين؛ لتحقيق أهداف مشتركة ومحددة بوضوح، فالأساتذة يرأسون فرقًا بحثية، ويديرون أعضاء هيئات التدريس؛ وبذلك يتولون القيادة على المستوى الفكري، ويحددون وجهات التقدم في الهندسة والعلوم على نحو يفيد المجتمع.

وتتنامى أهمية مهارات القيادة تلك، كلما تدرج



العلماء في المستوى الوظيفي، بل إن بعض العلماء الذين يشغلون مناصب علمية متقدمة يمكنهم أن يتسببوا في حالة من الفوضى، من خلال التعسف في استخدام سلطاتهم، والإخفاق في أَخْذ مشاعرهم ومشاعر الآخرين في الاعتبار. وعلى نحو مساو، عندما يفرط الباحثون الرئيسون في التنازل عن نفوذهم، تقل قوة الفريق عن مجموع قوة أفراده.

نعرض لكم فيما يلي سيناريو حقيقيًّا مخففًا بعض الشيء، حيث رغب أحد المختبرات الجامعية الكبرى في إيجاد بديل لمديره، الذي يقف على أعتاب التقاعد، ولم يكن ثمة شك حول هوية مَنْ سيخلف المدير، إذ كان مساعد المدير النشيط والمحبوب هو الأوفر حظًّا؛ ◄

ليفوز بالمنصب. وفي أول اجتماع للجنة البحثية، التي تتألف من بضعة أعضاء مختبر قدامى، استعرض الرئيس الإجراءات، التي كان من ضمنها التماس آراء سائر أعضاء هيئة التدريس. وسرعان ما ظهر إجماع بين الحضور على أن هذه «العملية البيروقراطية» لا تعدو كونها مضيعة للوقت. وقال أعضاء اللجنة: «نعلم ماذا سيكون جواب أعضاء هيئة التدريس، إذا ما سألناهم. إنه يحظى بمحبة الجميع؛ فدعونا نعيِّنه الآن».

هل لاحظتم موطن ضعف اللجنة؟ هددوا بتهميش سائر أعضاء المختبر، وخاصة أعضاء هيئة التدريس الجدد، بعدم الحصول على مباركتهم للتعيين. وبدلاً من توفير الوقت، كان من الممكن لهذا السلوك الصلف أن يفسد روح الزمالة في المعمل، وأن يتطلب جهدًا بدون داع للتعامل مع ما فيه من قصور. إن الأستاذ الذي يشعر أنه محروم من حق التصويت سيكون أقل حماسًا للمساعدة في حل مشكلات المختبر، مما يراكم مزيدًا من العمل على الآخرين. وإذا سعى للالتحاق بمكان أفضل، فسيكون لزامًا على سائر أعضاء هيئة التدريس إيجاد بديل له، وتغطية محاضراته، وتَوَلِّي مسؤولية طلاب الدراسات العليا الذين خلَّفهم وراءه. وإذا أُقحمت العواطف؛ يصبح ما يبدو في ظاهره أنه يحقق المصلحة خلاف ذلك تمامًا.

في الحالة التي بين أيدينا، أبدت إحدى عضوات اللجنة مهارات قيادة حقيقية، مع أنها لم تتقلد منصبًا قياديًّا رسميًّا. فقد شرحت مخاطر التصرف المندفع، وأقنعت أغلبية اللجنة أن «العملية البيروقراطية» تُعَدّ خطوة ضرورية. وحددت مقابلات أعضاء هيئة التدريس المشكلات الأساسية التي سيواجهها مدير المختبر التالي. وعندما تَرَقَّى مساعد المدير ذو الشعبية، كما كان متوقعًا، كان لديه تفويض للقيام بتغييرات مهمة.

دروس القيادة

على مدار عشرات السنين المنصرمة، قدَّمنا ورشات عمل حول القيادة لمئات من أعضاء هيئة التدريس في الهندسة والعلوم، وبالكاد حضر بعضهم دروسًا في مهارات القيادة، أو عَلِم بوجود أيٍّ من البرامج الشبيهة. أما أولئك الذين تلقوا تعليمًا في مجال القيادة، فكانوا قد تعلَّموها خلال عملهم في مجالهم. هذا.. وتنفق الشركات الأمريكية ما يقرب من 14 مليار دولار أمريكي سنويًّا على تعليم موظفيها أسس القيادة والإدارة (انظر: go.nature.com/2kgaya). وفي حين ترحب الجامعات بالتحاق المشتغلين بالأعمال بدورات تدريبية حول الإدارة، تبدو كلمة «قيادة» ـ وهي ترادف الإدارة والتلاعب ـ كلمة بذيئة، عندما يتعلق الأمر بأعضاء هيئة التدريس بالجامعة.

أنْ تكون أستاذًا.. فذلك يعني أنك تمارس نشاطًا يتمركز حول البشر؛ حيث نعمل مع أشخاص، وندرّس للطلاب في القاعات، ونشرف على طلاب الدكتوراة، كما نتعاون مع زملائنا، ونحاول إقناع العاملين في وكالات التمويل بمنحنا الأموال، بيد أن قيادة الناس أمر صعب، حيث إنهم ليسوا عقلانيين بصورةٍ كاملة[2]. ففي معظم الجامعات، يتعين على أعضاء هيئة التدريس الجدد تعلُّم مهارات القيادة من خلال التجربة والخطأ أثناء العمل، وهو أسلوب يضر بطلابهم ومسارهم المهني. وربما لا يفهم أعضاء هيئة التدريس الأقدم أن الإخفاق في تقديم الدعم ونشر روح الزمالة يضر بسمعة قسمهم ومختبرهم، وأن هذا الإخفاق قد يؤدي إلى عدم المشاركة بصورة فعَّالة في مشروعات تعاونية كبيرة، مثل تلك التي تهيمن على مجال الجينومات، وفيزياء الجسيمات. ونحن نناشد المؤسسات الأكاديمية بأن تستثمر في تطوير مهارات القيادة المتمركزة حول البشر لدى أساتذتها.

العودة إلى الدراسة

التقينا في عام 1999، وكان تشارلز إي لايسرسون قد حصل على إجازة لمدة عامين من معهد ماساتشوستس للتقنية في كمبريدج خلال فترة ازدهار الإنترنت، ليعمل مديرًا لتصميم النظم لدى شركة «أكاماي تكنولوجيز» Akamai Technologies الناشئة، التابعة للمعهد. وكان معظم العاملين الأصليين في مجال الهندسة بالشركة (البالغ عددهم 100 فرد) قد تم استقدامهم بصورة مباشرة من المعهد وغيره من الجامعات الكبرى.

«إن أفضل تشكيل للفرق البحثية يكون من خلال حشد مجموعة متنوعة من المفكرين».

في البدء لم يكن هؤلاء الأكاديميون اللامعون قادرين على العمل بفعالية كفريق على الإطلاق، وظهر فيما بينهم كل ما يمكن أن يخطر ببالك من مشكلات شخصية في كافة صورها: الاغتراب، والغضب، واللامبالاة، والصلف، والتنازع، والازدراء، واليأس، والاشمئزاز، وعدم الاحترام، والغيرة، والسخط، والخوف، والكره، والاستياء، وتزكية النفس، والضغينة، والشك، والحقد. وعلى الرغم من مهاراتهم العقلية العالية، لم يتمكن هؤلاء الزملاء الأكاديميون السابقون من إيجاد سبيل للخروج من هذا المستنقع العاطفي. وساور القلق عديد منهم حيال فكرة أن يكون قد اتخذ قرارًا خاطئًا بمغادرة المجال الأكاديمي عندما كانت الروح المعنوية العامة منخفضة.

لحُسن الحظ، قدَّم نائب رئيس شركة «أكاماي تكنولوجيز» لشؤون الموارد البشرية، ستيف هينريتش، العلاج الصحيح للمشكلة، فقد استدعى زميلنا لايسرسون، الذي يعمل كمستشار إداري، ليجري ورشة عمل مكثفة حول القيادة، تستهدف القادة الفنيين. وكان من بين موضوعات الورشة: التعامل مع العواطف في مكان العمل، والتعامل بفعالية مع أصحاب الفكر المختلف، وتنمية الإبداع، وحل النزاعات، وإعطاء ملاحظات فعَّالة، وتعلُّم كيفية إدراك أن اختلاف المواقف يستدعي استخدام استراتيجيات قيادة مختلفة، وفهم مدى ارتباط منحنيات التعلم بالتحفيز. وجاءت النتائج على الفور: تبددت المشاعر القاسية، وبدأ العاملون في مجال الهندسة في التعاون، كما بدأت النجاحات الفنية تتراكم.

بالعودة إلى معهد ماساتشوستس للتقنية، كنا نتساءل: لماذا لا يتم تدريس مهارات القيادة تلك لأساتذة الهندسة والعلوم؟ فالنوع نفسه من المشكلات العاطفية يبرز في مختبرات الجامعات، وبيئات عمل الشركات. وعلى الرغم من تفاخر الأساتذة بسيطرة الجانب العقلاني عليهم، فإن هذا لا ينفي أنهم يمتلكون مشاعر أيضًا.

لذا.. اجتمع كلانا لتهيئة المواد التدريبية التي تُستخدم عادةً للتدريب في الشركات، بحيث تصبح ملائمةً للسياق الأكاديمي، كما ابتكرنا محتوى خاصًّا لكل جامعة، يتضمن أنشطة ممارسة الأدوار، التي يشترك فيها الأساتذة ووكالات التمويل، والأساتذة وأقرانهم، والأساتذة والطلاب.

قدّمنا ورشة العمل للمرة الأولى في عام 2002 في معمل لعلوم الحاسب (معمل لايسرسون)، في معهد ماساتشوستس للتقنية، وكانت الاستجابة إيجابية للغاية، لدرجة أننا وسّعنا نطاق المشاركة، ليشمل قسم الهندسة الكهربائية وعلوم الحاسوب، وأخيرًا، كلية الهندسة وكلية العلوم. وفي عام 2007، قدمنا ورشة العمل الخاصة بنا على مدار يومين لأساتذة خارج معهد ماساتشوستس (انظر: shortprograms.mit.edu/lsf).

وقد حضر مئات من الأساتذة من الولايات المتحدة وغيرها من الدول ورشة العمل الخاصة بنا في معهد ماساتشوستس للتقنية، وأتى آخرون من خلال العروض المصمَّمة خصيصًا في جامعة كاليفورنيا في بيركلي، وجامعة بيردو في ويست لافاييت في إنديانا، وجامعة هارفارد في كمبريدج، ماساتشوستس، والجامعة الوطنية في سنغافورة. وقد لاحظنا أنه غالبًا ما يعبِّر المشاركون عن دهشتهم حول ما يمكن لقدْرٍ يسير من مهارات القيادة إنجازه، بدءًا من تقليل عدد الساعات التي يقضيها الفريق لحل المشكلات بين أعضائه، وصولاً إلى توفير الأدوات لتحفيز الطلاب.

تركز ورشة العمل على كيفية عمل الأفراد معًا بفعالية، كما تعزز من الوعي الذاتي بالأنماط الشخصية للقيادة، وتقدِّم للمشاركين منهجيات جديدة؛ ليستكشفوها. ومن خلال الأنشطة التفاعلية، وتدريبات التقييم الذاتي، والمناقشات الجماعية، يكوِّن الحاضرون مخزونًا من الاستراتيجيات للتعامل مع المواقف الشائعة، على شاكلة (كيفية شرح برنامجك البحثي لمَنْ هم خارج مجالك).

وحيث إن أنماط القيادة فردية، وتعتمد على المواقف، فإننا نولي عناية إلى عدم الحكم عليها، إنْ كانت جيدة، أم سيئة، ونركز ـ بدلًا من ذلك ـ على مساعدة المشاركين في إدراك إمكانية وجود خيارات متاحة أكثر مما يتصورون. على سبيل المثال.. على الرغم من أن طلاب الدراسات العليا يستجيبون ـ في بعض الأحيان ـ بصورةٍ جيدة للتدريب المتعمق من جانب موجهيهم، هناك أوقات تكون فيها المشاركة الزائدة خانقة، كما هو الحال عندما يبدأ الطلاب في التوقف عن المشاركة؛ ليحصلوا على بعض المسافة؛ ليحددوا وجهاتهم.

يمارس المشاركون مهاراتهم المتعددة.. فعلى سبيل المثال.. تتعلق وحدة حل النزاعات بخلافٍ بين اثنين من الطلبة على أحقية كل واحد منهما بلقب المؤلف الأول، ويلعب أحد المشاركين دور الأستاذ الذي يحاول فض النزاع. إن أساليب التمثيل المنهجي تلك تشجع المشاركين الذين يلعبون دور الطلاب على التوحد مع شخصياتهم، مما يجعل النشاط أقرب ما يكون إلى نموذج موقف واقعي، متضمنًا المشاعر أيضًا.

التفكير بطريقة مختلفة

نستخدم مقياس هيرمان للتفكير[3] (HBDI)، وهو اختبار تقييم ذاتي، لاستكشاف التنوع العقلي لدى المشاركين. يفكر معظم الناس في التنوع على أساس الثلاثة عناصر الأولى، التي يقول علماء النفس إن الناس يلاحظونها عند مقابلة شخص جديد: العِرْق، والنوع، والعمر، بيد أنه يُحتمل أن يكون هناك قدر أكبر من التنوع في كيفية تفكير الأشخاص عن أي جانب ظاهري في كينونتهم.

وقد وضع الباحث في شؤون الإبداع، نيد هيرمان، مقياس هيرمان للتفكير لأول مرة في عام 1979، عندما كان يقود تعليم الإدارة في مجموعة شركات «جنرال

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



إلكتريك». واستلهم هيرمان عمله من عمل المختص في علم النفس العصبي، روجر سبيري، المتعلق بمرضى «المخ المجزأ»[4]، الذي أظهر أن كل منطقة من المناطق المختلفة في المخ تؤدي وظائف محددة، وقد فاز سبيري بجائزة «نوبل» لعام 1981 في الفسيولوجيا والطب عن هذا العمل. وبالنسبة إلى معظم الناس، يرتبط النصف الأيسر من المخ بالكلام والتلاعب بالرموز، في حين يعمل النصف الأيمن على معالجة الصور، والاستجابة للتجارب الحسية والمؤشرات غير اللفظية.

عزَّز هيرمان من تشبيه النصف الأيمن والنصف الأيسر للمخ، ليضم الجزء الذي تلعبه المشاعر في التفكير؛ فهي تميل إلى استمالة العقل، بينما يكبح العقل جماح المشاعر[5]. ويصنف نموذج «المخ الكامل» الناتج أنماط التفكير إلى أربعة أرباع (انظر: go.nature.com/jfbqky). يتضمن التفكير بالشق الأيسر من المخ العمليات المنطقية والمتعلقة بالحماية؛ في حين يتضمن التفكير بالشق الأيمن من المخ المشاعر والعمليات الإبداعية. وبطبيعة الحال، يتسم الفكر الإنساني بقدرٍ أكبر من العشوائية، ولكن يفيد هذا التقريب في فهم التواصل والنزاعات بين البشر.

على سبيل المثال.. يمكن لأُستاذةٍ أن تستخدم هذه المعرفة للارتقاء بمستوى أداء المجموعة البحثية التي تعمل بها، فهي تدرك مزايا أن يكون دور الطالب في مشروع متوافقًا مع أسلوبه المفضل في التفكير، وليس أسلوبها هي. فلنفرض أن تجربة معملية تتطلب محاسبة تفصيلية، وعملًا فرديًّا مركزًا؛ يحتمل حينها أن يكون الطالب الذي لديه تفضيلات أمان قوية أكثر سعادة وإنتاجية في هذا الدور عن الطالب الذي يفضل العلاقات الشخصية، فحين يوضع الطلاب في أدوار تتوافق مع أساليبهم المفضلة في التفكير، تزيد احتمالية تشجيعهم وعملهم بسعادة وفعالية، وإدارتهم لشؤون عملهم بأنفسهم، مما يتيح للأُستاذة قدرًا أكبر من الوقت للتركيز على أولوياتها.

علم العمل الجماعي

إن أفضل تشكيل للفرق البحثية يكون من خلال حشد مجموعة متنوعة من المفكرين، كما أن أكثر المهام واقعية تتطلب إسهامات من الأرباع الأربعة. وعندما يبدي عدد كبير من أعضاء الفريق الأفضليات النمطية نفسها، فإنهم يميلون إلى التنافس؛ للحصول على الأدوار المستحَبَّة نفسها، ويكون من الصعب إيجاد شخص لأداء العمل غير المستحب. إن تنوع الفريق يمنح فرصة للجميع للإسهام بطريقة متكاملة، فيُظهِر أحد الأبحاث[6] أن الفِرَق التي تتمتع بالتوازن بين الإناث والذكور فيها، والتي تضم أنماطًا متنوعة من المفكرين، تُظهِر أداء أفضل من أداء الفرق التي تتكون من أعضاء يفكرون بالطريقة نفسها.

يميل الأساتذة إلى التشكك في كثير من الأشياء، بما في ذلك القيادة. وعلى مر السنين، سمعنا العديد من زملائنا الأكاديميين في مجالات العلوم والهندسة ـ وخصوصًا مَن يحتلون مراتب مهنية عليا ـ يُبْدُون آراءهم حول أسباب اعتبارهم المهارات الشخصية علومًا زائفة، ينبغي ألا تُؤخذ على محمل الجد. ومِن بينهم مَن سمعناهم يقولون: «لا يمكن قياس مهارات الناس وفهْمها على نحو قياس وفهْم جسيم دون ذري، أو شريط حامض نووي، أو خوارزمية حاسوبية. إنّ البشر كائنات لا يمكن التكهن بتصرفاتها، كما أنهم عاطفيون، ولا يمكن فهْمهم بصورة نظامية. ومهارات الناس غير مهمة في المجال الأكاديمي، لأن كل شخصٍ فيه يميل إلى التصرف برشد». لا عجب إذًا في أن جامعات قليلة فقط أخذت على عاتقها عناء تدريب مهارات القيادة لأعضاء هيئة التدريس فيها.

على الرغم من أن إقناع الأساتذة بالتغير أمرٌ لا تَخفَى صعوبته[7]، فثمة مؤشرات على أن الأمور تسير في اتجاه التحسن. فعلم العمل الجماعي[8] هو مجال دراسة مشترك، ينمو سريعًا، ويهدف إلى مضاعفة كفاءة وفعالية البحث المعتمِد على فرق العمل في كافة العلوم. كما أدى الاهتمام المتزايد بريادة الأعمال في أوساط المشتغلين بالمجال الأكاديمي الفني إلى فهْم أكبر داخل الجامعات لأهمية مهارات القيادة. وتسلِّط مساعي «العلم الكبير» الضوءَ على أهمية مساعدة الكثير من الأفراد على العمل معًا بفعالية. ومن بين الأمثلة على ذلك.. معمل «سيرن» (معمل أوروبا لفيزياء الجسيمات، القريب من جنيف، سويسرا)، ومشروع «إنكود» ENCODE، والعديد من المشروعات التي تنتهي بالمقطع «أومر»، (مثل مشروع الجينوم البشري).

إنّ التدريب على مهارات القيادة وحده لا يكفي؛ فعلى الوسط الأكاديمي أن يدعم القيادة، ويكافئها باعتناق الفهم الحديث الذي ينص على أن التفكير ـ الذي يُعَدّ حجر الزاوية في الإنجاز الأكاديمي ـ يضم المشاعر. ولذا.. من الضروري تهيئة مجالات الهندسة والعلوم بحيث تقدِّر قيمة العلاقات الشخصية، التي تُعَدّ أساسية للعمل الجماعي؛ إذ يتعين على تلك المجالات أن تحترم التنوع في التفكير، وخصوصًا في الأنماط غير الفنية، إذا كانت تسعى لبث روح الإلهام الإبداعية.

إن الفرق البحثية التي تعمل بسلاسة وإبداع تُعَدّ ركنًا أساسيًّا لإنتاج الاختراعات والاكتشافات اللازمة لتناول العديد من المشكلات المعجِزة التي يواجهها المجتمع. ■

تشارلز إي لايسرسون أستاذ علوم الحاسوب والهندسة في معمل علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي بمعهد ماساتشوستس للتقنية، معهد ماساتشوستس للتقنية، كمبريدج، ماساتشوستس، الولايات المتحدة الأمريكية. **تشاك ماكفيني** رئيس شركة ماكفيني وشركاه، وهي شركة للاستشارات الإدارية، متخصصة في تسهيل التفكير الإبداعي والقيادة، بروكلين، ماساتشوستس، الولايات المتحدة الأمريكية.

البريد الإلكتروني: cel@mit.edu; chuckmcvinney@gmail.com

1. Stephan, P. E. & Ehrenberg, R. G. *Science and the University* (Univ. Wisconsin Press, 2007).
2. Kahneman, D. *Thinking, Fast and Slow* (Farrar, Straus and Giroux, 2011).
3. Herrmann, N. & Herrmann-Nehdi, A. *The Whole Brain Business Book* 2nd edn (McGraw Hill, 2015).
4. Gazzaniga, M. S. *Tales from Both Sides of the Brain* (HarperCollins, 2015).
5. Goleman, D. *Emotional Intelligence* (Bantam Dell, 1995).
6. DeRidder, C. G. & Wilcox, M. A. *How to Improve Productivity: Whole Brain Teams Set New Benchmarks* (Herrmann International, 2006).
7. Bruns, J. W. & Bruns, D. L. *J. Leadersh. Stud.* **1**, 53–63 (2007).
8. Bennett, L. M., Gadlin, H. & Levine-Finley, S. *Collaboration & Team Science: A Field Guide* (National Institutes of Health, 2010).

يقرّ المؤلفون بوجود تضارب في المصالح المالية (انظر: go.nature.com/nlpne9).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



يؤدي خط أنابيب طوله 200 كيلومتر من منجم في مدغشقر إلى فَقْد غابة غنية بالتنوع الحيوي، حيث تخطط الشركة لتعويضها.

ROBIN HAMMOND/PANOS

أوقِفوا إساءة استغلال تعويضات التنوع الحيوي

ترى **مارتين مارون** وزملاؤها أن الحكومات لا ينبغي لها أن تحقق أهدافها الحالية في مجال الحفاظ على البيئة باستخدام التعويضات التي تدفعها الشركات، مقابل إضرارها بالتنوع الحيوي.

يُقصد بتعويض التنوع الحيوي مبادرات إصلاح الضرر الذي تتعرض له أنواع الكائنات الحية وبيئاتها، بسبب عمليات التنمية، كتوسيع المدن، وإنشاء المناجم، وبناء السدود، عن طريق إنشاء ميزة «مكافئة بيئيًّا» في مكان آخر[1]. فعلى سبيل المثال.. استثمرت شركة البناء الفرنسية «أوكفيا» Oc'via وشركاؤها أموالًا تقدَّر بملايين اليورو في إدارة 1,700 هكتار من الأراضي الزراعية في جنوب فرنسا؛ لتحسين بيئة طيور الحباريات *Tetrax tetrax*، وذلك لموازنة الآثار السلبية لإنشاء مشروع القطار فائق السرعة، الذي سيدمر موائل هذه الطيور، ومَواطنها الطبيعية[2].

تزايَد الاهتمام بتعويض التنوع الحيوي خلال السنوات العشر الأخيرة (انظر الرسم التوضيحي «اتجاه متصاعد»)، فمليارات الدولارات يتم إنفاقها كل عام على تخطيط مبادرات التعويض الحيوي وتنفيذها، وهناك مشروعات قيد التنفيذ في حوالي 40 دولة. ومع انتشار هذا الاتجاه، بدأ عدد متزايد من الحكومات الغنية والفقيرة على السواء في إدراك إمكانية الاستفادة من أموال التعويضات التي تدفعها الشركات في تحقيق أهدافها في مجال الحفاظ على التنوع الحيوي، التي التزمت بها[3]، مثل الأهداف التي نصّت عليها اتفاقية التنوع الحيوي (CBD)، غير أن هذا التحول في تعويضات التنوع الحيوي هو في حقيقة الأمر اعتراف بالفشل، فحتى يكون التعويض مجديًا وفعالًا، يجب أن تترتب عليه مزايا في مجال الحفاظ على التنوع الحيوي، لم تكن لتتحقق بطريق آخر. وهذا يعني أن مشروعات التعويض الحيوي كانت ناجحة، لكنها لم تحقق الأهداف المنشودة منها، أو العكس.

يشارك ثلاثة منا (مارتين مارون، وبريندن ماكي ، وجيمز واتسون) في جهود الاتحاد الدولي للحفاظ على التنوع الحيوي، بغرض وضع الإرشادات والمعايير العالمية لتعويض التنوع الحيوي[4]. ومن المتوقع إطلاق مسودة التقرير في أكتوبر المقبل. ونحن نؤمن بأهمية أن يضع الاتحاد الدولي للحفاظ على التنوع الحيوي قواعد واضحة لاستخدام التعويضات، حتى لا تتأثر الاتفاقيات الدولية الحالية بشأن حماية التنوع الحيوي. ونوصي كذلك بأن تشترط الاتفاقيات الدولية للحفاظ على التنوع الحيوي في المستقبل ـ بنص صريح ـ على فصل نتائج المناطق المحمية التي تتحقق من خلال التعويضات خلال التوثيق.

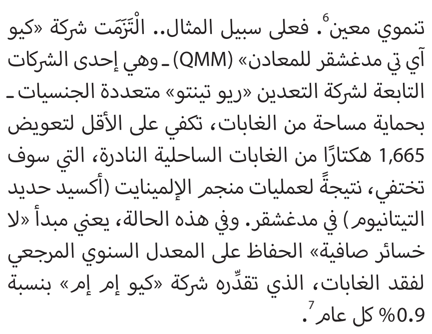
لا خسائر صافية

تتفاوت وتختلف مشروعات تعويض التنوع الحيوي، فقد تتضمن إزالة التهديدات من موطن طبيعي موجود ـ من خلال فرض مظلة الحماية على منطقة معينة ـ أو من خلال إصلاح موطن، أو بيئة معينة، عن طريق زراعة الأشجار، على سبيل المثال. وفي بعض الحالات، يشترط القانون تقديم التعويضات، فأستراليا ـ على سبيل المثال ـ غالبًا ما تلزم الشركات بإصلاح ومعادلة آثار عملياتها ومشروعاتها على أنواع الحيوانات والنباتات الأصلية المهدَّدة.

يجري التفاوض على تعويضات المشروعات الأخرى، كلّ على حدة. فبعض اتفاقيات التعويضات يكون مدعومًا من قِبَل أنصار مشروع معين، بهدف الحصول على قبول وموافقة المجتمع على عمليات تنفيذ المشروع، وبعضها يرجع لشروط الإقراض التي تطلبها مؤسسات التمويل. فعلى سبيل المثال.. اقترحت لجنة من الخبراء، شكّلها البنك الدولي ـ الذي يسهم في تمويل العديد من مشروعات التنمية الضخمة في الدول الفقيرة ـ إنشاء محمية جبال لوما الوطنية في سيراليون؛ لتعويض الضرر الذي يلحق بالغابات، بسبب اكتمال[5] سد «بومبونا» في عام 2009.

تهدف غالبية التعويضات إلى تحقيق تنوع حيوي «بلا خسائر صافية». وهذا لا يعني بالضرورة أن يتوقف التنوع الحيوي عن التدهور، فالهدف من أي تعويض هو معادلة ـ أو موازنة ـ الخسارة التي يتسبب فيها مشروع

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



تنموي معين[6]. فعلى سبيل المثال.. الْتَزَمت شركة «كيو آي تي مدغشقر للمعادن» (QMM) ـ وهي إحدى الشركات التابعة لشركة التعدين «ريو تينتو» متعددة الجنسيات ـ بحماية مساحة من الغابات، تكفي على الأقل لتعويض 1,665 هكتارًا من الغابات الساحلية النادرة، التي سوف تختفي، نتيجةً لعمليات منجم الإلمينايت (أكسيد حديد التيتانيوم) في مدغشقر. وفي هذه الحالة، يعني مبدأ «لا خسائر صافية» الحفاظ على المعدل السنوي المرجعي لفقد الغابات، الذي تقدِّره شركة «كيو إم إم» بنسبة 0.9% كل عام[7].

ANALYSIS: M.M. *ET AL.* DATA SOURCE: GOOGLE SCHOLAR/SCOPUS

الالتزامات الحالية

تُحتسب مزايا التنوع الحيوي ـ التي تمثل إضافة إلى السيناريو المرجعي (الذي كان سيحدث، لولا التأثير أو المشروع التعويضي) ـ كمشروعات تعويضية ناجحة. ويجب أن يضع السيناريو المرجعي في اعتباره تهديدات المستقبَل المحتملة، وأي نية حقيقية لمواجهة هذه التهديدات مستقبلًا، ولكن ثمة مشروعات تعويضية عديدة تغفل الأمر الثاني، ولنأخذ ـ على سبيل المثال ـ الالتزامات التي نصّت عليها اتفاقية التنوع الحيوي، حيث حدث في عام 2010 أنْ اتفقت 196 دولة من الدول الأعضاء في هذه الاتفاقية على أهداف «أيشي» للتنوع الحيوي. وينص الهدف الحادي عشر على المحافظة على 17% على الأقل من المناطق البرية في العالم (بما في ذلك المياه الجوفية)، و10% من المناطق الساحلية والبحرية بحلول عام 2020، وذلك من خلال إنشاء مناطق محمية، وإدارتها.

بدأت حكومات عديدة في استخدام مشروعات التعويض في الحفاظ على هذه المناطق المحمية، وإدارتها. على سبيل المثال.. في عام 2008، أنشأت ولاية نيو ساوث ويلز الأسترالية صندوقًا للتمويل، رأسماله 530 مليون دولار أسترالي (ما يعادل 400 مليون دولار أمريكي)، بغرض حماية الغابات المهدَّدة في سهل كمبرلاند في سيدني؛ لمواجهة الآثار السلبية على التنوع الحيوي، بسبب التوسع العمراني للمدينة. وتسهم شركات الإنشاء والحكومة في هذا الصندوق الذي تُستخدم مخصصاته في شراء اتفاقيات الحفاظ على التنوع الحيوي مع مُلّاك الأراضي، وكذلك في شراء الأراضي في المناطق المحمية الجديدة، غير أنه لا تتوفر أي آليّة لحصر ومراجعة المناطق المحمية التي يجري تمويلها بهذه الطريقة، بمعزل عن المناطق المحمية الجديدة الأخرى، التي ينبغي أن تُحسب ضمن الأهداف الأسترالية الوطنية.

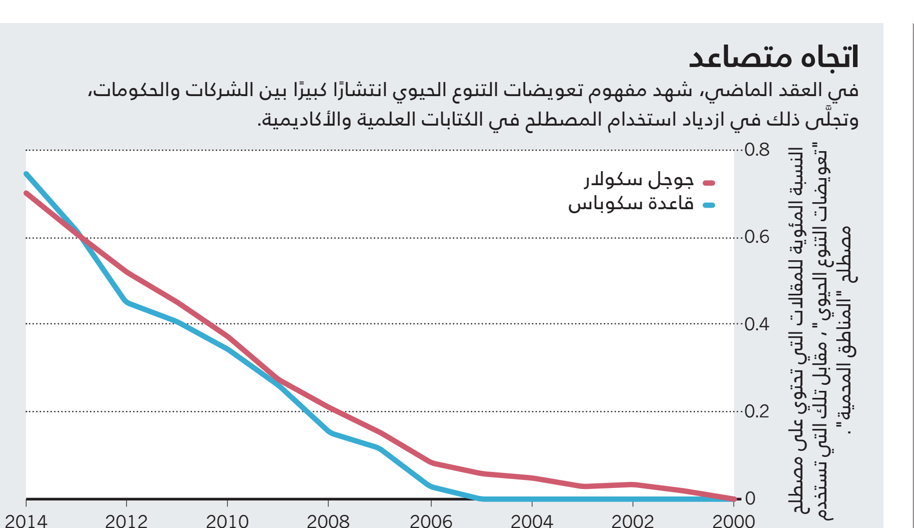
بالمثل، من المتوقع أن يؤدي مشروع منجم النحاس في كوبر بنما (الذي تموله شركة التعدين «فيرست كوانتوم مينيرالز» مع جهات أخرى) إلى خسارة نحو 5,900 هكتار من الغابات في الممر البيولوجي في أمريكا الوسطى. وتحوي هذه المنطقة أعلى تجمعات للأنواع المهدَّدة بالانقراض على الأرض. وبغرض التعويض.. ستسهم الشركة في تكاليف إدارة محميّتين وطنيّتين حاليّتين (سانتا في، وعمر توريخوس)، ومنطقة محمية جديدة، سيتم إنشاؤها بالقرب منهما[8]. وتستطيع الحكومة البنمِيّة إدراج هذه المحميات الوطنية عند إعداد التقارير عن التقدم الذي أحرزته في تحقيق أهدافها المتفَق عليها سلفًا في مجال حفظ التنوع الحيوي، دون الحاجة إلى الإعلان عما يقترن بذلك من ضرر في التنوع الحيوي، بسبب المنجم.

النزاهة في التوثيق

بالنسبة إلى دول نامية، مثل موزمبيق، ربما تتجاوز أهداف «أيشي» للتنوع الحيوي ـ وغيرها من أهداف المحافظة على التنوع الحيوي ـ قدرتها، أو إمكانياتها[9]، وهذا بسبب احتياجات السكان الفقراء الذين يتزايدون بمعدلات سريعة. وفي بعض الحالات، يكون الانسحاب بنزاهة من مثل هذه الالتزامات أمرًا مفهومًا، حيث سيؤدي ذلك ـ على الأقل ـ إلى التحقق من صحة استخدام التعويضات في تمويل إدارة المناطق المحمية.

أما بالنسبة إلى الدول الغنية ـ التي يصعب عليها تبرير مثل هذا الانسحاب ـ فينبغي وضع رقابة صارمة على استخدام مَبالغ تعويضات التنوع الحيوي. وعلى سبيل المثال.. في السنوات القليلة الماضية، بدأت الحكومة الأسترالية مطالبة شركات التعدين، وغيرها من الشركات، بسداد ملايين من الدولارات للصناديق الحكومية، من أجل معادلة ـ أو موازنة ـ تأثير البنية التحتية لميناء جديد على جودة المياه في محمية الحاجز المرجاني العظيم البحرية، ومنطقة التراث العالمي[10]. وفي رأينا، يجدر استغلال هذا المال فقط في تنفيذ المشروعات والمبادرات التي تحسِّن جودة المياه، بما يتجاوز المعدلات المتوقعة من الإدارة القياسية للمناطق المحمية، وإلا فإن الحكومة ستكون في حُكْم المنسحِبة فعليًّا من الالتزامات الدولية، وهذا بمقتضى اتفاقية التنوع الحيوي، واتفاقية التراث العالمي. ومن المنطقي، بل من المُحبَّذ في أغلب الأحيان، استخدام التعويضات في تمويل المناطق المحمية الجديدة، وإدارتها؛ ولكن يجب فصل توثيق هذه المناطق المحمية التي تمولها التعويضات، بالتوازي مع الخسائر التي أدّت إليها عند تقييمها.

هناك نظام أكثر فعالية في المحاسَبة البيئية، ويتجلى ذلك في سياسات REDD+ ضمن اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيُّر المناخ؛ من أجل تقليل الانبعاثات الناتجة بسبب إزالة الغابات وتدهورها. وتقدِّم سياسات REDD+ الحافز للدول النامية، للحفاظ على الأشجار، وتقليل الزيادة في الانبعاثات العالمية من غازات الاحتباس الحراري. ورغم أن تمويل وآليات سياسات REDD+ قيد التنفيذ حاليًّا، فقد اتفق الموقِّعون على الحاجة إلى تحديد معدلات مرجعية قياسية واقعية لفَقْد الغابات، بحيث تكون منطلَقًا لحساب الانخفاض في الانبعاثات (انظر: go.nature.com/gofoch). وبقليل من الحرص، تسهم التعويضات في تحقيق التوازن بين التنمية والتنوع الحيوي. وإذا كانت هذه التعويضات ستتيح للحكومات التملص خفية من التزاماتها، حينها سيكون ضرر تعويضات التنوع الحيوي أكبر من نفعها. ■



مارتين مارون أستاذة مساعدة للإدارة البيئية، وباحثة زميلة حاصلة على مِنْحة المستقبل من المجلس الأسترالي للبحوث في كلية الجغرافيا والتخطيط والإدارة البيئية في جامعة كوينزلاند، بمدينة بريسبان في أستراليا. **أسلين جوردن** زميل باحث أول لنائب المستشار في كلية الدراسات العالمية والعمرانية والاجتماعية في جامعة «آر إم آي تي» بملبورن في فيكتوريا. **بريندن جي. ماكي** مدير برنامج جريفيث للاستجابة للطوارئ في جامعة جريفيث، بجولد كوست في أستراليا. **هيو بي. بوسينجهام** باحث حائز على جائزة المجلس الأسترالي للبحوث في جامعة كوينزلاند، بمدينة بريسبان في أستراليا، وأستاذ قرارات الحفاظ على التنوع الحيوي في إمبريال كوليدج لندن بالمملكة المتحدة. **جيمز إي. إم. واتسون** أستاذ مساعد الإدارة البيئية في جامعة كوينزلاند، بمدينة بريسبان في أستراليا، ومدير مبادرة العلوم والبحوث في جمعية الحفاظ على الحياة البرية.

البريد الإلكتروني: m.maron@uq.edu.au

1. Bull, J. W., Suttle, K. B., Gordon, A., Singh, N. J. & Milner-Gulland, E. J. *Oryx* **47,** 369–380 (2013).
2. Aiama D. *et al. No Net Loss and Net Positive Impact Approaches for Biodiversity:* (International Union for Conservation of Nature, 2015); available at go.nature.com/gfkgkz
3. Pilgrim, J. D. & Bennun, L. *Conserv. Lett.* **7,** 423–424 (2014).
4. International Union for Conservation of Nature. *Biodiversity Offsets Technical Study Paper* (International Union for Conservation of Nature, 2014); available at go.nature.com/5fcpj1.
5. Kormos, R. *et al. PLoS ONE* **9,** e111671 (2014).
6. Maron, M., Bull, J. W., Evans, M. C. & Gordon, A. *Biol. Conserv.* http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2015.05.017 (2015).
7. Temple, H. J. *et al. Forecasting the Path Towards a Net Positive Impact on Biodiversity for Rio Tinto QMM* (International Union for Conservation of Nature, 2012); available at go.nature.com/29puf2
8. The Biodiversity Consultancy. *Independent Report on Biodiversity Offsets* (International Union for Conservation of Nature, International Council on Mining and Metals, 2012); available at go.nature.com/jxrht9
9. Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B. & Hockings, M. *Nature* **515,** 67–73 (2014).
10. Bos, M., Pressey, R. L. & Stoeckl, N. *Environ. Sci. Policy* **42,** 1–15 (2014).



مُزارِع في بوركينا فاسو، حَسَّن طريقة معيشته باستخدام مضخة مياه؛ لريّ حقوله.

مهـــارات اتخـــاذ القـــرار ضــــرورة لتحقيــق أهــداف التنميـــة

يرى **كيث شيبرد** وزملاؤه أن جمع البيانات التي تجيب على أسئلة معينة هو أفضل وسيلة ناجعة لدعم أهداف التنمية المستدامة.

مِن المخطَّط له في هذا الشهر (سبتمبر)، أن تصدِّق قمة الأمم المتحدة لرؤساء الدول على مبادرة «أهداف التنمية المستدامة»، التي تتضمن 17 هدفًا، و169 غاية؛ من أجل توجيه مسار مبادرات التنمية في مختلف أنحاء العالم. وتقترح هذه الأهداف حزمة متنوعة من المؤشرات واستراتيجيات الرصد والمتابعة، التي تتناول كل جوانب التنمية، بدءًا من سعادة البشر ورفاهيتهم، وحتى حماية البيئة والحفاظ عليها[1]. وكان من المخطَّط في يوليو الماضي أن يناقش اجتماع التمثيل السياسي رفيع المستوى في أديس أبابا للمؤتمر الدولي لتمويل التنمية، كيفية تمويل مبادرة «أهداف التنمية المستدامة»، وأن يناقش أيضًا تفاوض الحكومات المشارِكة ومؤسسات التنمية، والمنظمات غير الحكومية، والشركات المعنية، من أجل صياغة اتفاق حول الالتزامات المحلية، والتدابير الدولية بشأن مبادرات التمويل.

يتطلب إطار الرصد والمتابعة الخاص بأهداف التنمية المستدامة من الدول بذل جهود كبيرة، ويضع على عاتقها أعباءً ضخمة. ويُفترض في هذا الإطار أن يعمل على مساعدة الدول على تنفيذ الاستراتيجيات، وتخصيص الموارد، وقياس التقدم الحاصل في مجال الاستدامة، وتحديد مسؤوليات الأطراف والجهات المعنية[1]. فالدولة التي يتبين أنها أخفقت في مجال الغابات المستدامة، على سبيل المثال، لها أن تختار بين زيادة الاستثمار في الغابات، أو التعرض لعقوبات؛ وفَقْد المعونات المالية. وإضافة إلى الاتفاقيات متعددة الأطراف التي تقوم بها، تحرص منظمات المعونة والتنمية على تحديد الأهـداف، بغرض المساءلة، وضمان الإنجاز، وقياس النتائج الملموسة، مقابل الاستثمارات المالية، غير أننا نجزم بأن عملية تحديد الأهداف هذه تنطوي على الكثير من العيوب، وتتكلف أموالًا طائلة، ولا تحقق إنجازات كبيرة، إنْ لم تؤدِّ إلى نتائج أو آثار سلبية في الأساس. وفيما يلي الأسباب:

أولًا: قد تترتب على الأهداف آثار غير مقصودة. فعلى سبيل المثال.. تدهورت جودة التعليم ككل في بعض الدول التي قامت بتخصيص الموارد لمدارس التعليم الابتدائي، من أجل تحقيق هدف الألفية الإنمائي، الرامي إلى تعميم التعليم الابتدائي[2].

ثانيًا: تعوق تحديد الأهداف عملية التعلُّم واكتساب الخبرات، بسبب تركيز الجهود على تحقيق الهدف، بدلًا من حل المشكلة الجوهرية[3]. فمن السهل التلاعب بالإنجازات المرحلية، فعلى سبيل المثال.. هناك أهداف معينة، مثل تقليص حالات الوفيات الناتجة عن حوادث الطرق المرورية، يمكن توليد تقارير زائفة بشأنها، للإيحاء بتحقيقها، إذا لم يكن الأداء المتعلق بتحقيقها على المستوى المطلوب. كما أن تحديد

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الأهداف قد يشجع على ضعف الأداء، إذا تم تحقيق الهدف المطلوب، وتجاوزه.

ثالثًا: تحديد الأهداف عملية باهظة التكلفة، إذ سيضطر شركاء التنمية إلى إعادة تخصيص موارد مالية شحيحة للغاية، لإحداث «ثورة في البيانات»، تصل تكلفتها إلى مليار دولار تقريبًا على مدار سنة[4].

إننا ندعو إلى اتباع نهج مختلف، إذ يجدر بالحكومات والمجتمع الإنمائي تَبَنِّي مفاهيم وأدوات تحليل القرار التي تطبقها قطاعات معينة، مثل التعدين، والنفط، والأمن الإلكتروني، والتأمين، والسياسات البيئية، وتطوير الأدوية منذ عقود طويلة[5,6]. وتعتمد دعوتنا إلى تطبيق هذا المنهج على خمسة مبادئ.

المبادئ الخمسة

استبدال وسائل قياس عوائد الاستثمار بسياسة تحديد الأهداف. ينبغي أن توضح أهداف التنمية المستدامة عددًا قليلًا من الأهداف الاستراتيجية واسعة النطاق، وتقييم ما تم إنجازه من هذه الأهداف، من خلال قياس كل مشروع، من حيث عائده على الاستثمار، ومدى إنجاز هذه الأهداف المنشودة في ضوء الموارد المستخدمة. فعلى سبيل المثال.. هل كانت المزايا البيئية المحققة، وإنجازات خفض نسبة الفقر كافية لتبرير تخصيص هذه الموارد المحدودة؟

ينبغي لصناع القرار استخدام النماذج الاقتصادية التي تتنبأ بتكاليف خيارات التدخل، ومزاياها، ومخاطرها على المدى الطويل. كما يتعين عليهم السعي لدراسة المخاطر، مقابل العوائد في أي مجموعة من الخيارات؛ من أجل تحقيق أهداف التنمية5. وسيتطلب ذلك توضيح القيمة النسبية للأهداف المختلفة بالمصطلحات المالية، أو النقدية. وعلى أي حكومة أن تدرس أفضل الوسائل؛ لتحقيق أهدافها، من خلال المفاضلة بين إنفاق 50 مليون دولار على تدريب المزارعين، أم على بناء الطرق، أم على تحسين التعليم، أم على مزيج من هذا وذاك.

نمذجة قرارات التدخل. يجب أن يكون تفعيل صناعة القرارات نابعًا من صميم استراتيجيات متابعة أهداف التنمية المستدامة، غير أنه من الصعب تحديد البيانات المطلوبة لدعم صناعة القرار على وجه الدقة، دون تحليل رسمي للقرارات. فعلى سبيل المثال.. نجد أن نظم قياس الصحة العامة ـ مثل مقياس فرامينجهام للمخاطر الخاصة بأمراض القلب ـ التي تقيِّم المرضى وتصنِّفهم من حيث الأولوية، وفقًا لعوامل محددة، مثل العمر، وضغط الدم، ومستوى الكوليسترول، لا تأخذ في اعتبارها الأفراد الذين ترتفع احتمالات إصابتهم بأمراض القلب ممن تلقَّوا العلاج. فنظام القياس يهوِّن من أسباب الإصابة، إذا لم يتم تسجيل العلاج، بغض النظر عن أنواع البيانات الأخرى التي تم جمعها[6].

في عام 2013، أجرينا استطلاعًا للرأي[7]، شاركت فيه 110 جهات معنية في قطاع الزراعة الأفريقي (من بينها العلماء، والجامعات، والمانحون، ووزراء الزراعة، والمنظمات غير الحكومية، والقطاع الخاص، واتحادات المزارعين). ولم يستطع أغلب المشاركين (54%) تحديد سياسة معينة، أو قرار إداري يمكن دعمه بالمزيد من البيانات، فربما يقولون ـ على سبيل المثال ـ إن توفير بيانات أفضل حول التربة سيساعدهم على إدارة سياسات الحَدّ من تعرية التربة بصورة أفضل،



FREDERIC COURBET/PANOS

يمكن تحسين تخطيط أنابيب المياه، من خلال دمج البيانات التي تركز على اتخاذ القرارات.

ولكنهم لم يستطيعوا تحديد قرار، أو استثمار، أو تدخُّل، أو سياسة بعينها ستكون مختلفة، إذا علموا المزيد من المعلومات عن التربة. واستطاع 15% فقط من المشاركين وصف الأهمية الكبيرة لجمع المزيد من البيانات، للحَدّ من نطاق الشك الجوهري الذي يعوق تفعيل قرار معين. وكشَف الاستطلاع أن هناك ميلًا ـ خاصة بين العلماء ـ لجمع البيانات، من أجل امتلاكها فقط. فعلى سبيل المثال.. تكَرَّر وصف بيانات التنوع الحيوي والفقر، باعتبارها أحد المجالات التي حظيت بتركيز كبير، رغم قلة وصفها بأنها حاجة ملموسة، أو أحد مجالات الشك البارزة. وعلى الجانب الآخر، قلما كان يتم جمع بيانات المناخ، رغم أنها كانت مطلوبة بشدة، وتحسم أحد مجالات الشك، وتسد نقصًا في المعلومات.

> «ينبغي على صنّاع القرار ـ الذين ينفِّذون أهداف التنمية المستدامة، ويتابعونها ـ الاستعانة بالتحليل الاحتمالي للقرارات».

يجب على كل الأطراف المشاركة في مبادرة أهداف التنمية المستدامة، وتحديد التدابير، أو السياسات، أو البرامج، أو المشروعات، التي يُتوقع أن تتأثر بالمؤشرات. وينبغي أن تنعكس الاختيارات العملية التي ستواجه واضعي خطط التنمية على أرض الواقع، مثل المفاضلة بين بناء سد كبير، أو عدة سدود صغيرة، لتوفير احتياجات المياه والطاقة، أو أي برامج تغذية للأطفال يجب تنفيذها. كما ينبغي أخْذ تأثير إجراءات التدخل على الفئات المختلفة من الأفراد في الاعتبار، فقد يتفاوت تأثير سياسة معينة على مستهلكي المياه بين منابع الأنهار ومصبّاتها، أو المزارعين من الذكور والإناث، أو السكان في الريف والمدن، حيث إن استخدام المنهج المرتكز على المستخدمين[8] في المفاضلة بين أفضل الإجراءات سيؤدي إلى شفافية ووضوح افتراضات وتفضيلات صناع القرار، ووضوح درجة المَخاطر التي يرغبون في قبولها.

التكامل بين معرفة الخبراء. من الأخطاء الشائعة.. الخلط بين «الأدلة»، و«البيانات»، أو افتراض أن «الموضوعية» تعني «الافتقار إلى المعلومات». ينبغي أن تستعين عملية صنع القرار بكل المصادر الملائمة من الأدلة. وفي الدول النامية التي تشح فيها البيانات، تأتي معرفة الخبراء، لتسدّ الفجوات المعلوماتية. فعلى سبيل المثال.. خلال تقييمنا لجدوى مشروعات «الحراجة الزراعية» في أفريقيا، قمنا باستغلال خبراتنا؛ لتحديد النطاقات الخاصة بمعدلات إنقاذ الأشجار، وتكاليف تربية فسائل الأشجار، وأسعار منتجات الأشجار للمزارع. ويجب أن يتعاون واضعو السياسات والخبراء المحليون معًا؛ من أجل تحديد المتغيرات، والعلاقات السببية، ومجالات الشك ذات الصلة بالقرارات أو الأهداف المنشودة.

وهناك ثمرة إجراءات مستقرة للمفاضلة، يستخدمها الخبراء عند استخدام الاحتمالات الموضوعية، لتحديد حجم مجال الشك في التقديرات[5,6]. فعلى سبيل المثال.. قيَّم المركز العالمي للحراجة الزراعية المزايا النسبية للتدخلات الزراعية في المناطق النامية، من خلال المفاضلة بين الخبراء، وفقًا لمدى دقتهم في تقدير الاحتمالات، ومن خلال عقد ورشات العمل؛ لتحديد نموذج للاحتمالات[5]. تُعَدّ نظرية بايز هي أكثر الطرق شيوعًا لدمج المعرفة؛ لتقييم الاحتمالات، إذ تعمل على تنقيح ومراجعة احتمال الاعتقاد في حدث ما (مثل مدى نجاح تدخُّل ما في الحدّ من الفقر)، عند رصد أدلة جديدة بشأن الحدث (مثل حدوث جفاف)[6]. ويشيع استخدام تحليلات بايز ـ التي تمزج بين البيانات خلال فترة زمنية معينة، وتقديرات الخبراء ـ في تقييم النقل، وسلامة النظم، والتشخيصات الطبية، وتقييم مخاطر التشغيل في مجالي التمويل، والفحص الطبي ◄

◄ الشرعي[6]، ولكنها نادرًا ما تُستخدم في تقييم عمليات التنمية. ويجدر استخدامها ـ على سبيل المثال ـ في تقييم المخاطر النسبية للتدخلات التنموية المتعارضة.

تضمين مجال الشك في نماذج التنبؤ. يَستخدم العلماء غالبًا أساليب المحاكاة للمناخ، أو علم المياه، أو نمو المحاصيل، أو انتشار الأمراض، لضبط مسار السياسات، أو قرارات الإدارة. وتعاني نماذج النظم المادية من عائقين أمام تخصيص الموارد. أولًا، أنها عادةً ما تستبعد العوامل السلوكية والاقتصادية، وثانيًا، أنها تخفق في مراعاة مجال الشك في بيانات الإدخال، ومعايير النموذج، والمخرجات. ولهذا.. ينبغي على صناع القرار الذين ينفِّذون أهداف التنمية المستدامة ويتابعونها، الاستعانة بالتحليل الاحتمالي للقرارات، مثل محاكاة مونت كارلو[5]، أو نماذج «الشبكة البايزية»[6]. ومن الممكن أن تتضمن هذه النماذج العوامل الرئيسة، والنتائج، والعلاقات السببية بينها، بشرط وضع هذه النماذج باستخدام تقدير خبير مدروس، وبيانات معتمدة على القرارات. وعلى سبيل المثال.. من الممكن أن تأخذ أساليب المحاكاة لتقييم خيارات مدّ خط أنابيب المياه في الاعتبار السيناريوهات الاحتمالية النادرة، مثل حدوث إعصار خلال أعمال المدّ، وتوقُّع احتمالات الفترة الزمنية، والتكاليف الخاصة بالتنفيذ، ومزايا هذا الخط، من حيث تحسين إمداد المياه.

قياس أفضل المتغيرات الإرشادية. كشَف تحليل شمل أكثر من 80 نموذجًا من عدة قرارات ومجالات، مَيْل المديرين إلى اختيار قياس المتغيرات التي لا يُحتمل أن تؤدي إلى تحسين القرارات، بينما يتجاهلون أهم المتغيرات المفيدة[5]. فعلى سبيل المثال.. من السهل قياس معدل تطبيق المزارعين لطريقة معينة، أو أسلوب معين، ولكن الأهم لاتخاذ القرارات هو معرفة تأثير تلك الطريقة ـ أو ذلك الأسلوب ـ على المحصول، أو الإنتاجية. فهناك ميل أكبر لمتابعة المؤشرات الكمية، التي يتوفر لها قدر كبير من المعلومات، مثل التكاليف المالية، ولكن هذه المؤشرات ليس لها تأثير يُذكر على القرارات، بسبب قلة ما يمكن معرفته عنها، بينما هناك متغيرات أقل شيوعًا، مثل المزايا الاجتماعية على المدى الطويل (مثل الصحة العقلية)، والتأثير على البيئة (مثل تلوث المياه من تعرية التربة)، ربما تكون ذات قيمة أكبر.

يجب أن يكون هدف القياس[5] هو تقليل مجالات الشك المحيطة بقرار معين. وربما تكون المتغيرات وثيقة الصلة قليلة للغاية، فينبغي أن ينصبّ تركيز جمع البيانات على المتغيرات التي تحصر نطاق الاختيارات المتاحة إلى أقصى درجة[5]. على سبيل المثال.. توصلت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة ـ من خلال تحليلها لنظم المعلومات البديلة لجودة المياه ـ إلى أن هناك متغيرًا واحدًا فقط يهيمن على مجالات الشك في الاستثمار في نظم المعلومات، ألا وهو متوسط تأثير سياسات مياه الشرب الآمنة على الصحة. وقد تبين أن مجالات الشك في معدلات تطبيق التكنولوجيا، ومؤشرات التحسن في الكفاءة والفعالية، وكذلك التحسن في معدلات الإبلاغ ليس لها أي قيمة معلوماتية بالنسبة إلى الوكالة[5].

من الناحية النظرية في عملية صنع أي قرار، تتمثل قيمة المعلومات في المَبْلَغ الذي يرغب صانع القرار العقلاني في سداده، مقابل الحصول على هذه المعرفة، قبل اتخاذه لقرار ما، وهو ما يمكن وصفه بقيمة الفراسة، أو الفطنة[9]. وهي قيمة يمكن تقديرها فقط بتحليل مجالات الشك في كل المتغيرات التي لها صلة بقرار معين. ولا يُستخدم تحليل قيمة المعلومات في التنمية، ولكن يُستخدم في الاقتصاد الصحي، على سبيل المثال[10]. ويَستخدم «المعهد البريطاني الوطني للتميز في الصحة والرعاية» تحليل قيمة المعلومات، لتقرير ما إذا كان ينبغي اعتماد الدواء، أو التدخل قبل الاستخدام واسع النطاق[10].

سيكون جمع بعض المؤشرات المقترحة ضمن مبادرة أهداف التنمية المستدامة عملية صعبة ومكلفة بالنسبة إلى الدول منخفضة الدخل. ومن ذلك.. على سبيل المثال، «نسبة أصحاب الحقوق المصونة من الأرض، والعقارات، والموارد الطبيعية من النساء، والرجال، والشعوب الأصلية، والمجتمعات المحلية»، وكذلك «الكفاءة في استخدام النيتروجين في النظم الغذائية»، حيث سيصبح من الأفضل إنفاق الموارد المحدودة على جمع بيانات عالية القيمة فيما يخص صناعة القرار. ويمكن تحديد هذه البيانات فقط من خلال تحليل القرارات المحددة المخطَّط اتخاذها، وستتغير مع اتخاذ قرارات جديدة.

«يجب أن يكون هدف القياس هو تقليل مجالات الشك المحيطة بقرار معين».

يساعد تحليل قيمة المعلومات في تحديد المؤشرات، لمراقبة الأداء. وهي غالبًا لا تكون حدسية، ولهذا.. يغفل عنها الكثيرون. فقد أجرينا دراسة على تأثيرات تدخلات إدارة الموارد الطبيعية، مثل مشروعات إدارة المستجمع المائي، وتحسينات البذور؛ للحفاظ على التنوع الحيوي الزراعي؛ ووجدنا أن أهم المؤشرات المفيدة التي ينبغي معرفتها كانت معدلات الهجرة من الريف إلى المدن، وأسعار السوق، ومخاطر فشل المشروع، والنتائج السلبية (مثل حرمان القطاعات الفقيرة من المجتمع)، ومعدلات التطبيق[5].

توجُّه جديد

ينبغي وضع محللي القرارات في جميع أقسام الإدارة، ووضع السياسات، سواء في الحكومات، أم الأمم المتحدة، من خلال برنامج لبناء القدرات، تدفع تكلفته الحكومات والجهات الدولية المانحة، ومن بينها الشركات الخاصة. وينبغي للأمم المتحدة أن تعقد منتدى لخبراء تحليل القرارات؛ لتوجيه هذه المبادرة. وسيتعاون هؤلاء المحللون مع صناع القرارات والخبراء المتخصصين، لتوضيح قرارات التدخل الرئيسة، وبناء النماذج الاحتمالية للإجراءات البديلة. وسيقوم هؤلاء المحللون ببناء هذه النماذج، من خلال إشراك الجهات المعنية الرئيسة، وخبراء التدريب في التقدير الاحتمالي الموضوعي.

وينبغي أن يسهم تحليل قيمة المعلومات في توجيه مسار جهود جمع البيانات، وتحديد مؤشرات القيمة العالية، التي تؤدي إلى تحسين القرارات والأداء. وبرغم أنه قد تكون بعض المؤشرات المقترَحة لأهداف التنمية المستدامة ضمن هذه المؤشرات، ولكن ينبغي الحكم عليها بصورة عقلانية، وربما تتغير مع ظهور أولويات جديدة. وعلى الحكومات والأمم المتحدة وضْع مكتبات مفتوحة المصدر لتوزيع الاحتمالات الخاصة بعمليات المحاكاة[5] الجاري إجراؤها، المتعلقة بالمتغيرات شائعة الحدوث، مثل أسعار الكربون والسلع، ومخاطر تقلبات المناخ المتطرفة. وتسهم متابعة نماذج التغييرات الحقيقية مقابل القرارات في توفير بدائل واقعية في الظروف التي يصعب فيها إجراء تجارب عشوائية محدودة، مثل دراسة إجراء تدخلات كبيرة وجديدة في البيئة.

إننا ندعو وفود «المؤتمر الدولي لتمويل التنمية في أديس أبابا» إلى تشكيل فريق عمل؛ لاستكشاف ودراسة هذا المنهج الذي نقترحه. ونوصي بتوجيه بعض أموال المعونة المخصصة لتحسين متابعة أهداف التنمية المستدامة لهذه المبادرة التي نقدمها هنا. ويجدر بالحكومات ذات النظرة المستقبلية ـ خاصة في الدول شحيحة البيانات ـ التفكير مليًّا في أخذ زمام المبادرة في تَبَنِّي نهج تحليل القرارات، حيث إن المبادئ التي عرضناها هنا قابلة للتطبيق، من أجل تحسين عملية وضع أي سياسة، أو إدارتها، بدءًا من السياسة الدولية (مثل مفاوضات تغير المناخ)، حتى على مستوى المشروعات الفردية (مثلًا، هل ينبغي على قرية ما بناء منظومة جديدة لتخزين المياه؟). إنّ تدريب جيل من محللي القرارات، بغرض التعاون مع واضعي السياسات، سوف يخدم عملية التنمية أكثر من أيّ تدخُّل فردي آخر. ■

كيث شيبارد مدير النطاق العلمي بشأن قرارات سلامة الأرض في المركز العالمي للحراجة الزراعية، نيروبي، كينيا، والمدير المشارك لتحليل القرارات ونظم المعلومات في برنامج الأبحاث بشأن المياه، والأراضي، والنظم البيئية للمجموعة الاستشارية للأبحاث الزراعية الدولية، مونبلييه، فرنسا. **دوجلاس هابارد** الرئيس والمؤسس لأبحاث هاباراد للقرارات في شيكاغو، إيلينوي، الولايات المتحدة الأمريكية. **نورمان فينتون** أستاذ إدارة المخاطر في كوين ماري، جامعة لندن، المملكة المتحدة، والرئيس التنفيذي لشركة «أجينا»، كمبريدج، بالمملكة المتحدة. **كارل كلاكستون** أستاذ في إدارة الاقتصاد والدراسات المرتبطة، وزميل باحث أول في مركز الاقتصاد الصحي في جامعة يورك، المملكة المتحدة. **إيك لويديلينج** محلل أول قرارات في المركز العالمي للحراجة الزراعية، نيروبي، كينيا. **جان دي ليو** عالِم في الأراضي الجافة في المركز العالمي للحراجة الزراعية، نيروبي، كينيا.
البريد الإلكتروني: k.shepherd@cgiar.org

1. Sustainable Development Solutions Network. *Indicators and a Monitoring Framework for the Sustainable Development Goals: Launching a data revolution for the SDGs* (SDSN, 2015).
2. Unterhalter, E. *J. Hum. Dev. Capab.* **15,** 176–187 (2014).
3. Seddon, J. *Systems Thinking in the Public Sector* (Triachy Press, 2008).
4. Sustainable Development Solutions Network. *Data for Development: A Needs Assessment for SDG Monitoring and Statistical Capacity Development* (SDSN, 2015).
5. Hubbard, D. W. *How to Measure Anything. Finding the Value of "Intangibles" in Business* (John Wiley, 2010).
6. Fenton, N. & Neil, M. *Risk Assessment and Decision Analysis with Bayesian Networks* (CRC Press, 2012).
7. Clapp, A., DauSchmidt, N., Millar, M., Hubbard, D. & Shepherd, K. *A Survey and Analysis of the Data Requirements for Stakeholders in African Agriculture* (World Agroforestry Centre, 2013).
8. Erisman, J. W. *et al. Nature* **519,** 151–153 (2015).
9. Howard, R. A. & Abbas, A. E. *Foundations of Decision Analysis* (Pearson, 2015).
10. Claxton K., Sculpher, M. & Briggs, A. *Decision Modelling for Health Economic Valuation* (Oxford Univ. Press, 2006).



Partnerships that drive high impact open science



Nature Partner Journals is a new series of online open access journals, published in collaboration with world-renowned international partners.

Shared values, world-class open access publishing

Each partnership in the Nature Partner Journals portfolio brings together strong editorial leadership with world-class publication systems to deliver high-quality, peer-reviewed original research to the global scientific community. Multidisciplinary in scope and covering both applied and basic science disciplines, the Nature Partner Journals portfolio offers authors a high-quality, highly-visible, open access option for their research.

RECENT NATURE PARTNER JOURNALS

Journal	Partner
npj Aging and Mechanisms of Disease	JAAM Japanese Society of Anti-Aging Medicine
npj Biofilms and Microbiomes	SCELSE; Nanyang Technological University
npj Breast Cancer	BCRF Breast Cancer Research Foundation
npj Computational Materials	SICCAS Since 1928
npj Genomic Medicine	Center of Excellence
npj Microgravity	ASU Biodesign Institute, Arizona State University
npj Parkinson's Disease	Parkinson's Disease Foundation
npj Primary Care Respiratory Medicine	PCRS UK Primary Care Respiratory Society; IPCRG International Primary Care Respiratory Group
npj Quantum Information	UNSW Australia; Centre for Quantum Computation & Communication Technology
npj Schizophrenia	Schizophrenia International Research Society
npj Science of Learning	The University of Queensland Australia
npj Systems Biology and Applications	SBI The Systems Biology Institute

nature.com/npj

nature publishing group npg

PVSTOCK.COM/ALAMY

الطبيعة الغامرة الديناميكية متعددة الأبعاد قادرة على إثارة الطفل، واستغراقه كليًّا.

تطور وعي الأطفال

البنـــــاء المعـــرفي

في ظل دعوة خبراء التعليم الحكوميين إلى تعليم الأطفال حديثي المشي القراءة والكتابة، ومع ازدياد التطبيقات البرمجية للأطفال، هل سنخسر التعليم القائم على استخدام المواد يدويًّا؟ يكافح العلماء المختصون بالأطفال والباحثون اليافعون التوّاقون إلى إدراك العالَم في الهواء الطلق، ومن خلال اللعب الحُرّ .. حرفيًّا.

ساحات ألعاب مستنسَخة من بعضها البعض، وفصول دراسية ضيقة، وأفنية مدرسية تشبه «مواقف السيارات». هذه هي البيئة التي يُنتظر من الأطفال في الدول الصناعية أن يلعبوا ويتعلموا فيها، حتى إنّ حدائق الحيوان المحاطة بالسياج تبدو أكثر ثراءً من ذلك. وقد ظهرت دراسات تشير إلى أن التصميمات السيئة تعوق التعلم لدى صغار الأطفال؛ فهي تفسد التعليم، كما لو كانت تدريبات عسكرية. وفي مقابل ذلك.. نجد أن البيئة المليئة بنقيق الضفادع، التي تعلوها السماء المرصعة بالنجوم ـ التي كانت فيما سبق أدوات العلم ـ شيء لا يعرفه الكثير من الأطفال. ونعرض هنا النقاط التي حددها اثنان من أهم الممارسين في مجال تطوير بيئات التعلم للصغار، وأكدوا على ضرورة توفيرها.

إن الصلة ما بين الطفل الصغير والعالم المادي هي بمثابة مساحة مشحونة، تتلاقى فيها الإمكانات المشتعلة بكل ما هو جديد. وَصَفَتْ أليسون جوبْنِك ـ عالمة الأعصاب التطورية ـ وعي الأطفال الصغار بالعالم المحيط بأنّ تركيز الاستيعاب به 360 درجة؛ فعقول الأطفال الرضع تنمو بسرعة شديدة، حيث تكوِّن 700 وصلة عصبية جديدة في الثانية الواحدة. ومع بلوغ الطفل 3 سنوات، يكون لديه 1,000 تريليون تَشابُك عصبي، وهو ما يصل إلى 4 أضعاف التشابكات العصبية في مخ الشخص البالغ، ولكن هذه التشابكات تضمحل فيما بعد.

وبينما ينمو الجهاز العصبي، يستكشف الرضيع، وكذلك الطفل الذي في مرحلة المشي العالَم المحيط كله، باستخدام يديه، وقدميه، وجسده، بالإضافة إلى عينيه، وأذنيه، وأنفه، وفمه. ومن ثم، فالتعلم الحسي الحركي القائم على استخدام المواد اليدوية كان هو الأساس الذي بُني عليه تطوُّرنا كجنس بشري، فهو يشكِّل المخ البشري: فلقد ذكر الرياضي والبيولوجي جيكوب بروناوسكي في كتابه «تطور الإنسان» *The Ascent of Man* (دار نشر ليتل،



براون)، الذي صدر في عام 1973 أنّ «اليد هي الأداة القاطعة التي يستخدمها المخ»، وأضافت جوبْنِك قائلة إن ما يرضي الشغف التجريبي لتجارب العلماء المختصين بالأطفال هو الناس، وبعض الأشياء الأخرى، مثل الرمال، والماء، ونبات بَقْلي، وأفراد عائلة اجتماعيين.

يتعلم الأطفال الصغار كيف يعمل العالَم المادي، والناس، فهم يبذلون مجهودًا تفاعليًّا للتعرف عليهم، والتكيف معهم، وذلك يناهض الفكرة التي تقول إن إخضاع الأطفال تحت سن ست سنوات لدورات أكاديمية مكثفة أمر ضروري؛ حتى يصبحوا علماء للبيولوجيا التركيبية، ومهندسين للطاقة الشمسية في المستقبل، لكن ذلك يختزل التعلم في الاستماع، والقراءة، والكلام، والكتابة، حسب قول العالِم المعرفي جاي كلاكستون.

غالبًا ما ينظر الناس إلى الإعلام الإلكتروني على أنه وسيلة تصحيحية لهذا الاختزال، ولكن مع ارتياد الكثير من الرضع والأطفال في سن المشي العالَم الافتراضي الآن، حتى إن هناك حضانات تتباهى بعرض سبورة بيضاء رقمية عملاقة في فصولها، نشأت اعتراضات شديدة على

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

استخدام الأدوات الإلكترونية في التعليم المبكر. وأيًّا كان الحكم النهائي، من الواضح أن التجربة الافتراضية وحدها فشلت في استغراق الطفل ككل: فالوقت الذي يقضيه الطفل أمام الشاشات يحدد قدراته فيما يلقِّبه كلاكستون بتعليم «العين ـ المخ ـ الأصابع»، كما أن ذلك من الممكن أن يقلص الوقت الذي كان سيُخصَّص «للتفاعل وجهًا لوجه»، والتنشئة الاجتماعية، وتعلُّم اللغة، وهي أشياء غاية في الأهمية للنمو المبكر للطفل. (جدير بالذكر أن هناك خبراء فنيين تكنوقراطيين كبار، مثل مؤسس «تويتر» إيفان ويليامز، يحددون استخدام أطفالهم للأجهزة الإلكترونية تحديدًا صارمًا).

في الوقت نفسه، نجد أن البدائل التي يقدمها «التقليديون» للاختزال لها تاريخ طويل، فالاكتشافات الحديثة حول أهمية التواصل المادي والاجتماعي للأطفال الصغار تضاهي ممارسات المبدعين والمصلحين التربويين من بدايات القرن العشرين، وما بعدها. فماريا مونتيسوري (1870-1952)، وهي واحدة من أولى الطبيبات في إيطاليا ـ التي لاحظت أن الإدراك مرتبط ارتباطًا وثيقًا بالحركة، وأن التعلم مرتبط بالاستقلالية ـ أكدت على أهمية التعليم القائم على اللعب، واستخدام المواد اليدوية، حتى إن فصول ماريا مونتيسوري الدراسية كانت تناظر مَعامل الجامعة، حيث يباشر الأطفال أعمالهم على الوتيرة الخاصة بهم مع «الزملاء» الذين يختارونهم، باستخدام مواد مصمَّمة للتجريب متعدد الأوجه. فعلى سبيل المثال.. يمكن لطفل عمره ثلاث سنوات أن يمسك أسطوانات خشبية بارزة ذات أبعاد مختلفة، ويتعلم أثناء هذه العملية «مسكة الكمّاشة»، التي يحتاجها للتحكم في الأدوات الصغيرة، بالإضافة إلى مهارات أخرى، تشمل التفكير، والمقارنة، ومبادئ الحساب.

هناك فلسفة أخرى شبيهة تكتسح الأنظمة الأخرى المقدَّمة على أنها تنمِّي الاستخدام المبكر للغة، وتقوي التفكير والمراقبة الذاتية، حيث تركز دولة فنلندا على إدماج الأطفال حتى سن 7 سنوات في التعليم المادي والاجتماعي القائم على اللعب، فأطفالها البالغون 15 عامًا مصنَّفون كأفضل أطفال أوروبا في العلوم والقراءة، وذلك وفقًا لإحصاءات أجراها برنامج منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، التابع لبرنامج التقييم الدولي للطلبة.

هناك اتجاه أكثر راديكالية، وهو مدرسة الغابة، وهي متأصلة في نموذج «حضانة الهواء الطلق»، وهو اتجاه المُصلِحة التربوية مارجريت ماكميلان (1860-1931) وآخرين. وقد شق هذا الاتجاه طريقه من بريطانيا إلى الولايات المتحدة والدول الإسكندنافية، وهذا فيما بين العقد الثاني والعقد الأخير من القرن الماضي، حيث يمكن أن يكون «الفصل الدراسي» بمثابة مكان مفتوح في الغابة، وتكون «الدروس» فيه عن إشعال النار، أو التعرف على الحشرات، والمنهج المتَّبَع هو (المجازفة تحت الإشراف والمراقبة عن كثب).

أَلْهَم أسلوب التعليم في «الهواء الطلق» بيولوجيون، مثل تشارلز داروين، وإي ويلسون، حيث يحتوي هذا المنهج على مجموعة من المميزات التي تفيد المتعلم بعد ذلك عند العمل في قاعات الدراسة. فقد قامت دراسة أجرتها مدارس الغابات في المملكة المتحدة ـ بتوجيه من مؤسسة بحوث الغابة، ومؤسسة العلوم الاقتصادية الجديدة، وبتكليف من لجنة الغابات ـ باكتشاف أن هذا الأسلوب يؤدي إلى تحسُّن الثقة لدى الأطفال، بالإضافة إلى تحسُّن التركيز، والتحكم الحركي الدقيق، والعمل في فريق. كما أن مدارس الغابات تقدم دلائل ملموسة على ظواهر مادية، مثل دورات الحياة، والسلاسل الغذائية، وسلوكيات المواد (مثل سبب اسوداد الخشب في النار).

يقول عالِم البيئة الاجتماعية ستيفن كيليرت إن الطبيعة بيئة لا نظير لها في التعليم، فالمرج الأخضر، أو شاطئ البحر، يشكل خبرة ثرية، تستغرق الطفل كليًّا، وتحفز قدراته على المستوى المادي، والاجتماعي، والمعرفي، والوجداني، فهو يلتقي بمجموعة أحداث معقدة وغير متوقعة من الأمطار، والرياح، وطيران الطيور، وسحق الطمي، وسقوط أوراق الأشجار، فالطبيعة تشعل الفضول، حتى وهي تقدِّم مساحة للعب الحر، فهي تأتي للطفل بالتفاصيل القريبة، كما تأتيه بالآفاق البعيدة.

ومع انحسار البرية، وزحف الطرق الأسفلتية عليها، أصبحت الأماكن الآمنة للعب والتعليم في الهواء الطلق أكثر أهمية، كملاجئ للأطفال، وساحات لاختبارهم، حيث إن اللعب «الجيد» الذي ينمي حواس الطفل وعقله، ويحسِّن من قدراته الاجتماعية والجسدية، ومهاراته الحركية البسيطة والمعقدة، يتطلب مساحات مصمَّمة لملاءمة احتياجات الطفل وسلوكه، وهذا وفقًا لما سيذكره لاحقًا في هذا المقال مصمِّم مساحات اللعب المعروف، جونتر بيلتزيج.

وبينما يصارع واضعو النظريات التعليمية، والمدرسون، والحكومات، والآباء حول تعليم الأطفال تحت سن ثماني سنوات القراءة، والكتابة، والحساب، واختبارهم، ننسى أحيانًا أن الطبيعة تربي الأطفال. فقد ارتقينا كجنس بشري في هذا العالم ونحن نلعب ونجرب، من خلال شعلة متوهجة من الفضول، وهي سمة العلماء في كل عصر. ولهذه الحقائق الأولية المادية القدرة على أن تعلمنا بطريقة أو بأخرى. **باربرا كايسر**


RICHTER SPIELGERÄTE

تتيح ساحات اللعب التي يصممها جونتر بيلتزيج الفرصة للأطفال أن يتعلموا معلومات عن المواد.

جونتر بيلتزيج

تَعَلَّم لتلعب، والْعَبْ لتتعلم

المصمِّم المختص بالصناعة وساحات اللعب، هوهينفارت – ألمانيا.

يُطلَق على المساحة الحضرية المجهَّزة بزلّاقة وأرجوحة (ساحة لعب). ومعظم هذه المساحات يصممها مهندس مناظر طبيعية، ولكن لا يوجد حتى الآن أساس أكاديمي لنظرية تصميم مساحات اللعب، برغم وجود أساس أكاديمي لتصميم المقابر. كما أن كَمّ المعرفة المتعلقة بسلوك الأطفال ـ الذي جمعه التربويون، والأخصائيون النفسيون، وعلماء الأعصاب ـ لم يدخل تصميم ساحات اللعب بعد، ومن ثم فمعظم هذه الساحات لا تحفز على اللعب، وما يُحْدِثه اللعب من نمو جسدي، ووجداني، واجتماعي، ونفسي.

يُدرَّب المصممون على الإبداع وحل المشكلات، وعلى استخدام علم المواد، وعلم الإنتاج، لكن تكوين بيئة ملائمة للأطفال يتطلب منك أن تعمل كأخصائي في علم الإنسان يحترم «اختلاف» الطفل، على أن تتعلم اكتشاف احتياجاتهم وقدراتهم وأهدافهم من خلال الملاحظة التأملية (انظر: «القواعد الست لمساحات اللعب»).

أنْ يكون الإنسان طفلًا.. معناه أن يمر بعملية تغيير سلسة ومستمرة، فأيًّا كان الذي يستطيع الطفل فعله اليوم، ربما لم يكن يستطيع تحقيقه بالأمس، وأيًّا

اِلْعَبْ بجدية لتفوز

القواعد الست لمساحات اللعب

- اجعل المكان يعبر عن كونه مكانًا للنزهة، وليس ساحة تدريب، أو مساحة عرض لمنشآت تتوافق مع الذوق الجمالي للكبار.
- اسمح باكتشاف الأشياء التي من شأنها ألا تُظهر نفسها إلا لمن يبحث عنها، مثل زاوية مخبَّأة في سياج.
- امنح فرصًا للتجريب الممزوج بالمغامرة الواضحة، التي يمكن التصرف فيها، والتحكم فيها ذاتيًّا، مثل القدرة على التسلق لمستويات مختلفة.
- اسمح للمجموعات المختلفة أن تجد أماكن تُرْضِي رغباتها، مع مراعاة اختلاف الأمزجة، والاهتمامات، والاحتياجات.
- وفِّرْ وسيلة حماية من الرياح، والضوضاء، ومراقبة الآخرين.
- تجنَّبْ الإسراف في المحظورات.


RICHTER SPIELGERÄTE

اللعب على الأبراج والكباري يتيح الفرصة للمجازفة المحسوبة، مثل لعبة التسلق، والتوازن.

كان ما سيفعله اليوم، من الممكن ألا يفعله غدًا. هذا «التجديد» المستمر، وتغيُّر الرأي، والتطور السيكولوجي، يأتي في صورة موجات، وليس على وتيرة ثابتة، فالبعض ينمو مبكرًا، والبعض تأتيه موجة التغيير متأخرًا.

يؤدي التطور المستمر في الجسم والعقل إلى نوع من التخاطب والتكامل المستمر بين القدرات الداخلية التي يمتلكها الطفل. وهذا التجريب الذاتي، الذي يهدف إلى العثور على هذه القدرات، يسخِّر الخيال العفوي، والإبداع، وحب الاستطلاع بدون تحيز، وهذا هو ما يشكل ماهية اللعب. فأصل التعلم ليس فقط بالعقل، ولكنه يجمع الحدس، والإحساس بالجسد، مما يؤدي إلى التعلم باستخدام كيان الشخص بأكمله. فالتعلم يُعتبر اكتشافًا بلا هدف محدد، وهو يتم من خلال التجريب في عالَم يكون فيه الطفل هو صانع القرار، وليس المُقَرَّر له. ويحتاج الطفل إلى الوقت، وحرية الإمكانيات، والمساحة لمثل هذا النوع من التعلم. وبالنظر إلى طبيعتنا التي تزداد تَمَدُّنًا، تكون هذه المساحة هي ساحة اللعب.

تؤثر خصائص المجتمع المحلي على تصميم ساحة اللعب إلى حد ما. فالضواحي تختلف فيما بينها اجتماعيًّا، واقتصاديًّا، وسكانيًّا، كما أنها تختلف من ناحية التضاريس، وتختلف أيضًا من حيث البِنْيَة التحتية، ودرجة التمدُّن. أما داخل ساحة اللعب، فيحدد التصميم وطبيعة معالم المكان سلوك الأطفال، ومن ثم يجب أن تطلب تصميمًا واعيًا بهذه الأمور؛ لضمان تلبية احتياجات الأطفال على المستويين.. الفردي، والجماعي.

وبالنسبة إلى العناصر المتعلقة بالتسلق والتوازن، مثل السلالم، والحِبَال، والكباري المعلَّقة، فهي ترسخ لمبادئ التخطيط، وحل المشكلات، والتنسيق المادي، والتحكم الجسدي، وإدارة المخاطر، وتحسين زمن الاستجابة للمشكلات، بالإضافة إلى فَهْم القدرات، ونقاط القصور. ومن ثم، ينبغي دومًا أن تكون معدات التسلُّق جزءًا من منظومة أكبر، بحيث يكون لها هدف بعيد المدى، مثل جعْلها تمثل طريقًا مختصرًا، أو طريقًا للوصول إلى منصة.

أما إذا كانت منعزلة؛ فستؤدي إلى نزاعات على المكان.

أما عن الأبراج وبيوت اللعب مرتفعة المستوى، فهي تقدم آفاقًا مميزة، حيث تقدم تجربة رؤية العالم بشكل مختلف من أعلى؛ مما قد يُشْعِر الطفل بالتحوُّل. ومن ثم، فالتشكيلات المرتفعة لها شعبية كبيرة، وتحتاج إلى طرق مختلفة للصعود إليها، والنزول منها في آن واحد، كما أن بِنْيَتها يجب أن تكون متينة للغاية.

تسمح المساحات المشتركة بتنمية تأكيد الذات والذكاء الاجتماعي. أما المِساحات الهادئة، حيث أحلام اليقظة والاسترخاء، فتقدِّم الفرصة للتأمل، والتفكير، والهروب. ومن ثم، فيجب وضع بيوت اللعب المصنوعة من الخيزران، أو التجاويف الموجودة في الشجيرات أو الأكواخ منخفضة المستوى، الخاصة باللعب الهادئ، في مكان بعيد عن الأدوات ذات الشعبية الأكبر.

ينبغي أن تحاكي صناديق الرمال التجاويف الطبيعية، بأنْ يتم حفرها تحت مستوى الأرض؛ لتجنب خسارة الرمل، حيث إن هذه الصناديق تشجِّع على استكشاف المواد، وعند الجمع بينها وبين بعض الأدوات، مثل الحفارات والعربات، بغرض الحفر ونقل الرمل، فإن ذلك يشكل فرصًا لتنمية اللياقة البدنية، والعمل الجماعي، مع تحصيل الخبرة الفنية.

ينبغي أيضًا أن يكون للأشكال دور وظيفي إلى جانب الدور التجميلي، فالأطفال لا يشاركون الكبار بالضرورة في ذوقهم بالنسبة إلى النواحي الجمالية، فهم يهتمون أكثر بالأشكال البسيطة التي تتسم بالوضوح، أكثر من كونها تمثيلية، بحيث يمكنهم تكييفها وفقًا للعب التخيُّلي، فيمكن مثلًا لجذع الشجرة أن يكون حصانًا، أو دراجة بخارية، ويمكن لسلة المهملات أن تكون مركبة فضاء.

تحتاج مساحات اللعب التي تشمل كافة الأطفال ـ على اختلاف قدراتهم ـ إلى تصميمات خاصة. فعلى سبيل المثال.. فمجال الرؤية لدى الأطفال ذوي الإعاقة السمعية محدد، ومن ثم يجب أن يتم تحريك العناصر بطريقة مميزة للغاية، بأنْ تكون ألوانها مختلفة مثلًا. أمّا الأطفال ذوو الإعاقة البصرية، فهم يحتاجون إلى أماكن آمنة، تميزها حواجز، أو أسطح مختلفة. وبالنسبة إلى الأطفال الذين يستخدمون الكراسي المتحركة، فيحتاجون إلى اهتمام كبير بالأسطح والأبعاد، ووضع بعض عناصر اللعب بطول الممرات، مثل الهواتف الأنبوبية.

هذا.. ولا توجد ساحة ألعاب مثالية، فعندما أشاهد الأطفال يلعبون في إحدى ساحات اللعب التي صممتها، أجدهم يستخدمونها للعب بطرق لم أفكر فيها. وإذا أردنا تمكين الأطفال من التجريب بحُرِّيَّة وفضول من خلال اللعب، فعلى أخصائيِّي علم النفس الإنمائي، ومصممي ساحات اللعب أن يجدوا أرضًا مشتركة.. إذ إن عالمنا المتمدِّن مُعَادٍ للأطفال، ومن ثم، فإنشاء ساحات لعب تحترم ما يحتاجه الصغار ويريدونه، يُعَدّ أمرًا أساسيًّا في رأيي؛ من أجل تحسين المجتمع تحسنًا شاملًا.

ستيفين كيلرت

ادْمِج الطبيعة في التعليم

أستاذ فخري، وكبير الباحثين العلميين في كلية دراسات الغابات والبيئة بجامعة ييل في مدينة نيو هيفن بولاية كونيتيكت.

يقضي الآن الطفل التقليدي في الولايات المتحدة الأمريكية 90% من وقته داخل جدران المنزل، فالطفل الأمريكي الذي يتراوح عمره ما بين سنتين وخمس سنوات، يشغل وقته بالإعلام الإلكتروني لمدة زمنية متوسطة تزيد على 30 ساعة أسبوعيًّا، أما الطفل الذي يتراوح عمره بين 8 و18 عامًا، فيصل هذا المعدل لديه إلى 52 ساعة. ويخصِّص غالبية الأطفال 30 دقيقة يوميًّا لممارسة أنشطة ترفيهية

قراءات مقترحة

عقل جائع للمعرفة سوزان إنجيل (مطبعة جامعة هارفارد، 2015)/**العالم في المهد** أليسون جوبنيك، وآخرين (هاربر كولنز، 1999).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



BENJAMIN BENSCHNEIDER

مدرسة ماكياس الابتدائية في سنوهوميش بولاية واشنطن مثال للتصميم البيوفيلي الممتزج بالطبيعة.

عشوائية خارج جدران المنزل، برغم أن هذه المدة منذ جيل سابق كانت تتجاوز الأربع ساعات. ويخاف كثير من الآباء والأمهات من السماح للأبناء بأن يلعبوا خارج المنزل بمفردهم، كما ينظرون إلى التعلم على أنه عملية تقليدية تحدث داخل المنزل.

هناك دليل تتصاعد وتيرته في دراسات أمريكية وأوروبية وأسترالية، مفاده أن انفصال الطفل عن الطبيعة قد يتسبب في قصور بدني، وعاطفي، وعقلي في تعليم الطفل وتطوره. وهذا الدليل استعرضه ستيفين موس في تقريره الذي نُشر في عام 2012، تحت عنوان «الطفولة الطبيعية» *Natural Childhood*، لصالح جمعية ناشونال تراست البريطانية، حيث يذكر أنه عندما يقضي الطفل الصغير وقته في اللعب بحُرِّيَّة داخل بستان من الأشجار، أو تحت شجيرات الحديقة، فهو يشعر بفيض من الاستثارة الحركية، والسمعية، والبصرية، والحسية. ومثل هذه التجارب تعزز لديه مجموعة كبيرة من الاستجابات التكيفية، التي تثير عنده طاقات الاستطلاع، والرصد، والتساؤل، والاستكشاف، وحل المشكلات، والإبداع. فالطفل الذي يشيِّد سدًّا، أو عرينًا، يدرك بالتبعية تدرُّج المستويات، والقوى، والمواد، وسلوك مكونات معينة، مثل الخشب، والماء، وخواص البيئة المحلية.

«تظهر مركزية الطبيعة في تعلُّم الأطفال مع نشأتنا كجنس بشري».

تَظهر مركزية الطبيعة في تعلُّم الأطفال مع نشأتنا كجنس بشري، ففي ما يزيد على 99% من تاريخنا التطوري، نلحظ تأقلُم البشر، استجابةً لقوى الطبيعة في المقام الأول. كما أصبحنا نميل إلى أن نكون جزءًا من الطبيعة، وتُسمى هذه النزعة (بيوفيليا). وإذا ازدهرت داخلنا تلك النزعة، فستلزمها التجربة، والرعاية. فالاعتماد على التعلم هو منبع الابتكار الهائل لجنسنا البشري، إلا أنه يفتح لنا أيضًا احتمالات التصرف بأساليب تتناقض مع منافعنا الذاتية الحيوية طويلة المدى.

أما فيما وراء فَهْمنا المبهم بأن اللعب «خارج المنزل» مفيد للأطفال، فنحن فقط في أول الطريق نحو استكشاف دور الطبيعة في عملية التعلم والتطور. وعلى الرغم من أن الأدلة العلمية ما زالت محدودة، إلا أن نتائج بعض الدراسات المتعلقة بالرعاية الصحية، والتعليم، والعمل، والأنشطة الترفيهية، والمجتمع المحلي، تشير إلى أن الاحتكاك مع الطبيعة أمر حيوي لنمو الطفل، وأن هذا الاحتكاك قد لا يعوضه أي بديل آخر. فعلى سبيل المثال.. تبيَّن دراسة شملت تسعين مدرسة لأطفال تتراوح أعمارهم بين سن 5 و12 عامًا بأستراليا، أن قضاء الوقت في الطبيعة يحسِّن من ثقة الأطفال في أنفسهم، ومن قدرتهم على العمل مع الآخرين، ومن مشاعر الاهتمام، ومن علاقاتهم بأقرانهم، ومن تفاعلهم مع الكبار (C. Maller and M. Townsend *Int. J. Learn.* **12**, 359–372; 2006).

إنّ الانغماس في هذا الثراء الحسي والمعلوماتي، والطبيعة الديناميكية للغابات والشواطئ والمروج، يستثير استجابات التعلم الأساسية، مثل كشف الهوية، والتمييز بين الأشياء، والتحليل، والتقييم. ومن ثم، يميز الطفل الأشجار الكبيرة عن مثيلتها الصغيرة، ونباتات المنزل عن نباتات الحديقة، والسرخس من الكروم، والنمل من الحشرات الطائرة، والبط من الطيور المغردة، والمخلوقات الحقيقية من الأخرى الخيالية. ويطوِّر الأطفال مهارات كَمِّيَّة من خلال حساب عدد الحشرات والزهور، حيث يكتسبون معرفة بالأشياء، من خلال لعبهم على العشب والطين، ويدركون الطبيعة الفيزيائية للأشياء بالفطرة، من خلال معرفة الطريقة التي تتفاعل بها مياه الجدول مع العوائق والمسارات المفتوحة، ومن خلال التعرف على التلال، والوديان، والبحيرات، والأنهار، والجبال، حيث يتعرفون على الأنماط الجيولوجية. وبالتعايش مع حيوات أخرى، بدءًا من حياة أشجار الخشب الأحمر، حتى حياة القنافذ، يقفون أمام منبع لا ينضب من حب الاستطلاع، والتعلق العاطفي، وحافز التعلم. ويكتسب الأطفال مهارات التأقلم مع الظروف وحل المشكلات، عن طريق التكيف مع المتغيرات الدائمة في الطبيعة، حيث إن عالم الطبيعة غالبًا لا يمكن التنبؤ بمتغيراته.

يستعرض آلان إيورت في كتابه الكلاسيكي الصادر في عام 1989، تحت عنوان «مغامرة الهواء الطلق» *Outdoor Adventure Pursuits*، دراسات عن الأطفال الذين شاركوا في برامج الطبيعة. وقد توصَّل إلى أن هؤلاء الأطفال سألوا عددًا أكبر من الأسئلة، مقارنةً بالآخرين، وأنهم تميزوا في حل المشكلات. وفي دراسة، شارك فيها 262 طفلًا، أعمارهم ما بين 3 و12 عامًا، ويعيشون في أحياء فقيرة بمدينة شيكاجو في ولاية إلينوي، تبيَّن أن الأطفال يلعبون بصورة أكثر إبداعًا بعد قضاء وقت في أحضان الطبيعة (A. Faber Taylor *et al. Environ. Behav.* **30**, 3–27; 1998)، لكنّ المجتمع المعاصر ـ مع الأسف ـ شيَّد حواجز تَحول بين الطفل واحتكاكه مع الطبيعة. فعلى سبيل المثال.. أصبح مَسْكن الطفل، ومكان تعليمه، وبيئة ترويحه عن نفسه، تعج بالأشياء المصطنعة، وتخلو من الأشياء الحسية. ولذلك.. هناك حاجة إلى صياغة نموذج جديد، بمعنى أن يكون هناك تصميم (بيوفيلي) يشجع على الاندماج مع الطبيعة، حيث إن هذا النهج في تصميم المباني والمناظر الطبيعية سيشجع على الاحتكاك المباشر وغير المباشر مع الطبيعة، وعلى الدخول في تجربة مكان يثير مشاعر الألفة تجاه عالَم الطبيعة.

من الممكن تصميم تجربة احتكاك مباشر مع الطبيعة، أي العيش وسط الضوء، والهواء، والحيوانات، والمياه الجارية، والمناظر الطبيعية، وذلك ـ على سبيل المثال ـ من خلال الوجود الكثيف للنباتات داخل المباني وخارجها، والتحكم المتقن في تدفق الهواء ودرجة الحرارة والضغط، والاهتمام بالمناظر الخارجية. ومن الممكن إنتاج تجربة احتكاك غير مباشر مع العالَم الحقيقي، عن طريق أعمال فنية مستوحاة من الطبيعة، مثل استخدام مواد معينة، كالأخشاب، والصوف، وإنتاج تصميمات تحاكي نمط الطبيعة. وهذه التجربة من الممكن أن يشكلها أيضًا تصميم مساحات محميّة ذات مناظر واسعة، وتَواصُل بصري يمتد حتى الخارج، فضلًا عن تخصيص مناطق حافلة بالمظاهر الطبيعية، شريطة أن يتم ذلك بصورة منظمة ومفهومة.

إنّ التصميم البيوفيلي له القدرة على إحداث تحوُّل في مدارس الأطفال، ومناطق الألعاب الخاصة بهم. وهناك نموذج حديث على ذلك، يتجسد في مدرسة نيو ساندي هوك الابتدائية في مدينة نيو تاون بولاية كونيتيكت، الجاري تشييدها في الموقع الذي شهد وفاة 20 طفلًا بطلقات نارية في عام 2012. وكانت المدرسة القديمة في نظر الأغلبية بمثابة بناء قاحل، غير جذاب، أما المدرسة الجديدة، التي عملتُ فيها مستشارًا للتصميم، فتحتوي على إضاءة طبيعية ممتدة في جميع الأرجاء، ومواد طبيعية، ومناظر خارجية، وزروع، وساحات منتشرة، وأراض رطبة. ومن ثم، تشجع هذه المدرسة ـ التي تتسم بالتصميم البيوفيلي ـ على التعلم، بل تؤكد على عودة الحياة من جديد إلى موقع شهد خسارة مفجعة في الأرواح.

إن عالَم الطبيعة ليس مجرد خلفية ديكوريّة، أو شيء جمالي يمكن الاستغناء عنه. والتفاعل مع هذا العالم أمر يحقق مصلحة ذاتية أصيلة، ويحمي من مستقبل يعرِّض سلامة جنسنا البشري على المدى الطويل لخطر لا يقل عن الأخطار الجلية التي يعرِّضنا لها الفقر والمرض. ■

حق النمو في الطبيعة ستيفن كيليرت (مطبعة جامعة ييل، 2012)/**كيف تربي طفلًا محبًّا للطبيعة** سكوت سامسون (هوتون ميفلين هاركورت، 2015)/**مونتيسوري** أنجيلين ستول ليلارد (مطبعة جامعة أكسفورد، 2007)

فيزياء الجزيئات

مِن داخــل مختبَــر راد

جون بتروورث يَعرِض كتابًا، يتناول الأبحاث والشخصيات التي قادت قرنًا من فيزياء الجزيئات دون الذَّرِّيَّة.

شارك إرنست لورنس في اختراع مسرِّع جزيئات السيكلوترون.

طالعتُ كِتاب مايكل هيلتزك «العِلْم الكبير» في ترقُّب، فأنا أعمل في مصادم الهادرون الكبير، الذي يُعَدّ أكبر مسرِّع للجزيئات تم بناؤه حتى الآن، والذي يظهر في هذا الكتاب، الذي بدا ثقيلًا ـ على الأقل من ناحية وزنه ـ كما أنني لستُ من هواة قراءة السِّيَر الضخمة، لكنه جذبني بقصته المدهشة، التي تتمحور حول الفيزيائي الأمريكي إرنست لورنس، ويتسع أُفُقها ليضم أحداثًا ذات سياقات متعددة، وشخصيات مختلفة.

يتناول كتاب «العِلْم الكبير» تطوُّر مسرِّعات الجزيئات، وظهور المنهج البحثي الذي يحركه الفريق، كما يروي بداية رعاية العلوم على نطاق واسع، من خلال القطاعات العسكرية، والصناعية، والحكومية، وكذلك بدء ظهور الأسلحة الانشطارية والاندماجية. وتتبدى جوانب شخصية لورنس المتضاربة خلال فصول الكتاب، فيبدو أحيانًا وكأنه لا يملك شيئًا، فينتقل في عمله من مصدر تمويلي إلى آخر. وفي أوقات أخرى.. يبدو كقائد ذي رؤية لفريق من العباقرة، وأحيانًا كإنسان يحمل أعباء ثقيلة، إلى أنْ خذلَتْه بعض اختياراته؛ فساءت صحته، حتى وافته المنية في نهاية المطاف.

استفاد المسرِّع «سيكلوترون» ـ الذي أسهَم لورنس في



العِلْم الكبير: إرنست لورنس، والاختراع الذي أنشأ المجمع العسكري الصناعي
مايكل هيلتزك
دار نشر سيمون وشوستر (2015)

EVERETT COLLECTION HISTORICAL/ALAMY

اختراعه في عام 1932 ـ من العلاقة الناشئة بين القوى المغناطيسية اللازمة لثَنْي مسار الجزيئات في شكل دائرة، وقطرها، وسرعة جزيئاتها، لإطلاق الجزيئات في حلقة مكررة، وجَعْلها تصل إلى سرعات لم تبلغها من قبل. في السابق، اعتمد الفيزيائيون على مصادر طبيعية لتحطيم الذرات، وقد أتاحت لنا تجربة التناثر الخاصة بإرنست رادذرفورد فرصة النظرة الأولى داخل الذَّرَّة باستخدام جزيئات ألفا المنبعثة من الراديوم المُشِعّ. أما الاكتشافات الأخرى، مثل اكتشاف عنصر الميون، فقد تمَّت عبر ملاحظة الجزيئات ذات الطاقة العالية عند سقوطها بغزارة من الفضاء على الأرض. وقد قدَّم المسرِّع حِزَمًا أكثف بكثير من تلك القادمة من الفضاء، كما أنها ذات طاقة أعلى بكثير من تلك الناتجة عن الاضمحلال الإشعاعي.

شكّلت الآلات الأكبر حجمًا والأكثر كفاءة في مختبَر لورنس للأشعة في بيركلي بكاليفورنيا (مختبر راد) منذ عام 1931 منجمًا للاكتشافات، كما سُمِّي معدن (اللورنسيوم) المكتشَف تيمُّنًا باسم إرنست لورنس، وقدمت المجموعة نظائر للمختبرات حول العالم للاستخدامات الطبية.

وصف الكاتب ـ بشكل مُقْنِع ـ التوترات التي تصاعدت داخل المعمل، الناجمة عن التضارب بين الأولويات، وطُرُق لورنس في إدارة الأبحاث، لكن هذا لم يمنع الحكومات لدى تحدُّثها عن دورها الفعال وتعددية التخصصات أن تضع مختبر راد كنموذج مثالي، فإنه لمن الصعب التفوق على دوره في تطوير طريقة تعزيز اليورانيوم؛ من أجل تصنيع أول قنبلة ذَرِّية. وإضافة إلى ذلك.. فإنّ لورنس وأفراد فريقه المتفاني المكوَّن من علماء ومهندسين يعبرون تمامًا عن معنى التخصصات المتعددة.

وقد ألْهَم مختبر راد بإصدار العديد من الأعمال الأدبية، ففي مجموعة روايات تيري براتشت «ديسك ورلد»، جسَّد مبنى السحر عالي الطاقة في جامعة الساحر غير المرئية، مختبر راد في فترة الثلاثينات، من حيث احتوائه على أَسِرَّة المخيمات، والقهوة، وبقايا التحطيم الذَّرِّي. كما يظهر في القصة شقيق لورنس الطبيب جون، الذي أحضر بعض الفئران، لتعريضها للأشعة، مستهلًّا بذلك علاج السرطان بالهادرون. وتتناول الأحداث انبهار الزوار بشعاع الديوتيرون البنفسجي، في حين دَلَّت الضوضاء الكهرومغناطيسية على أن ضغط مصباح كهربائي ضد أي أنابيب نحاسية سيجعله يضيء. كانت تلك أمثلة على خوارق علمية، أو كوارث بعيدة جدًّا عن المدارس الفكرية الأكاديمية بأمريكا، أو قلاع «العِلْم الصغير» في أوروبا: كمبريدج، وكوبنهاجن، وجوتنجن، ومانشستر، التي قادت الفيزياء إلى عصر الكَمّ، وتلقَّت بِنَهَم التقنيات الناشئة في بيركلي.

إن نمو سمعة مختبر راد وقصة تطور الفيزياء ككل في الولايات المتحدة معروفة بشكل جيد. ومن الواضح

NATURE.COM
للمزيد حول العلوم في الثقافات:
nature.com/booksandarts

أن العلماء الجدد الذين جاءوا بعد ذلك اقترفوا أخطاء، وأضاعوا فرصًا كثيرة، لكن هذا لم يقلل من احترام الفيزيائيين الأوروبيين لهم، من أمثال رازفورد، وجيمس تشادويك، وبيير وماري كوري، بل حافظوا على التواصل معهم. أما لورنس وفريقه، فقد استمروا في أعمالهم، وازداد استعدادهم للاعتراف بأخطائهم مع نمو ثقتهم بعملهم، كما أبدوا كرمًا في تقديم خبرتهم؛ للمساعدة في بدء برامج المسرِّعات الأخرى، مع نمو «جمهورية السيكلوترون».

احتوى الكتاب أيضًا على قصص العديد من الشخصيات الجذابة، مثل ألفريد لوميس، نصير العلم وصاحب النفوذ، الذي حقق إنجازًا بكونه «أصبح شخصية عامة، وإنْ ظلت غامضة». هناك أيضًا لويس ستراوس، في واشنطن دي سي، وهو رئيس هيئة الطاقة الذرية، والخصم العنيد لمعاهدة حظر التجارب النووية.

ويبدو أن لورنس استطاع بسهولة بناء علاقات مع أشخاص استثنائيين، إلا أن بعضها قد انهار فيما بعد، كما حدث مع جيه روبرت أوبنهايمر، قائد مشروع مانهاتن.

«كان مختبَر راد قد جذب موهوبين كثيرين، إلا أن معظمهم تسربوا منه، أو دُفِعوا بعيدًا عنه، بسبب تحوُّل بيركلي إلى المكارثية المناهِضة للشيوعية».

لقد تحوَّل لورنس بشكل ملفت من رجل يؤمن بأنه لا مكان للسياسة داخل المختبَر، إلى رجل منخرط في اللعبة السياسية، التي أحاطت بمصداقية الرأي العلمي في تطوير الأسلحة النووية، كما قام بطرد علماء مبدعين، لرفضهم التوقيع على قَسَم الولاء. كان مختبَر راد قد جذب موهوبين كثيرين، إلا أن معظمهم تسربوا منه، أو دُفِعوا بعيدًا عنه، بسبب تحوُّل بيركلي إلى المكارثية المناهِضة للشيوعية، التي ازدادت في المجمع العسكري الصناعي، الذي ساعد المختبَر في خَلْقه، حيث صُنف هؤلاء الأفراد كمُعَادين للولايات المتحدة، وغير قابلين للتوظيف.

يمرّ الفصل الأخير من الكتاب في عجالة على تكوين مختبَر «سيرن» في جنيف بسويسرا، وفشل منافسه «المصادم الفائق، عالي التوصيل» الواقع في الولايات المتحدة، الذي أُغلق في التسعينات. وإطراءً لهيلتزك، وبرغم قلقي من حجم الكتاب في البداية، أرغب الآن في قراءة المزيد، لا سيما حول قدرة «سيرن» إبقاء نفسه عمدًا بمعزل عن الجانب العسكري للمجمع، وهل نجح، أم فشل نهج العمل الجماعي الذي طوّره لورنس في تحقيق تعاون بين آلاف العلماء، عوضًا عن بضع عشرات منهم. وعلى الرغم من غياب لورنس عن المشهد، إلا أن تأثيره لا يزال يتخلل الأوساط الأكاديمية، والصناعية، والسياسية. ■

جون بتروورث يعمل أستاذًا للفيزياء بكلية لندن الجامعية، ويكتب في «الجارديان». go.nature.com/qhea9i، كما أنه مؤلف كتاب «فيزياء الجزيئات دون الذَّرِّيَّة» *Smashing Physics*.
البريد الإلكتروني: j.butterworth@ucl.ac.uk

خيال علمي

حُلم الطيران إلى النجوم، وبينها

جريجوري بنفورد يَسْبر أغوار قصة كيم ستانلي روبنسون، ذات الصبغة السياسية، الدائرة حول التنقل بين النجوم.

إنّ سَفَر البشر إلى النجوم هو مطمح هائل، قد يتصوره البعض مستحيلًا، إذ يتطلب الوصول إلى هناك ـ على مدى العمر ـ السفر بسرعات تقترب من سرعة الضوء، وخاصة الوصول إلى نجم مثل تاو سيتي (τ-Ceti)، الذي يبعد عن الأرض بحوالي 3.7 فرسخ، أي 12 سنة ضوئية، غير أنه لم تُطرح للنقاش حتى الآن سوى طريقة منطقية واحدة للسفر إلى النجوم، هي «مركبات الأجيال»، التي تحمل عددًا من الركاب في رحلة طويلة قد تمتد إلى قرون من الزمن، تتبدل الأجيال خلالها.

هذه الرحلة الاستكشافية هي محور رواية «أورورا» *Aurora* لكاتب الخيال العلمي المخضرم كيم ستانلي روبنسون، وتجري أحداثها في القرن السادس والعشرين. وعلى الرغم مما ذُكر في عام 2012 في دورية «ساينتيفيك أمريكان» ـ على لسان روبنسون ـ من أن «التفكير في مركبات تسافر عبر النجوم، أو المكوث في المجرة، ما هو إلا محض هراء، ومضيعة للوقت، فما فتئ الخيال العلمي يردد للعالم أكذوبة أن المجرة أصبحت في متناول الأيدي»، إلا أنه ـ على ما يبدو ـ قد تراجع عن هذا الموقف في روايته، التي تنطوي على أحداث مستبعَدة، وحبكات درامية غير متوقعة.

تُشبه المركبات الفضائية التي تسافر عبر النجوم محور عجلات السيارة، إذ إن لها عجلتين كبيرتين تنحنيان في اتجاه الجاذبية الطاردة، وتحمل 24 قسمًا، يحتوي كل منها على مجموعة كائنات أرضية تنتمي إلى أنواع متشابهة، تحتاج إلى رعاية مستمرة. ويكشف الوصول إلى «أورورا» ـ وهو قمر شبيه بكوكب الأرض، يتبع كوكب (هـ) الفائق الموجود خارج المجموعة الشمسية، بعد مُضي قرنين من الزمن ـ عن مدى تعقُّد مثل هذه المغامرة، سواء اجتماعيًّا، أم تكنولوجيًّا. وبالطبع نتعلم من القصة لماذا يُعتبر حُكم ربان المركبة أفضل من حُكم العامة.

على غرار ثلاثية المريخ، التي كتبها روبنسون في منتصف التسعينات، فإن «أورورا» هي رواية تتناول صراعًا سياسيًّا، إذ يبدو أن روبنسون يفضِّل توظيف نطاق الفضاء المثير، لإسقاط بعض أفكاره على الطبيعة البشرية، عوضًا عن فهم الإشكالية الكبرى في مجال الخيال العلمي، وهي الكائن الفضائي. فقد تأمَّل في كتابه الصعوبات الهائلة التي قد يطرحها محيط حيوي جديد، وقد بدَت واضحة الهواجس التي عبَّر عنها عالِم الفيزياء بول ديفيز في المختارات الأدبية «قرن المركبات الفضائية»، (لاكي بات، 2013)، وكذلك مخاوف عالِم الأحياء إي أو ويلسون، التي عبَّر عنها في كتابه «مغزى وجود البشر»، (ليفر رايت، 2014) بشأن الحياة على الكواكب التي تقع خارج نطاق المجموعة الشمسية، حيث كان من بين المسافرين علماء أحياء محنّكون، لكن محاكاة الحياة الأرضية، حتى في العوالم التي تبدو بسيطة، أمرٌ صعب، بل وربما يكون مستحيلًا.

رواية «أورورا»
كيم ستانلي روبنسون
(أوربيت، 2015)

يحتوي «أورورا» ـ الذي يخلو من مظاهر الحياة ـ على أكسجين جوي بمستويات شبيهة بكوكب الأرض. ويرى المستوطنون برواية روبنسون أن هذه المستويات من الأكسجين قد استمرت منذ ولادته، غافلين عن الصدأ، الذي يُكسِب كوكب المريخ لونه الأحمر، وناسين أن الأكسجين في كوكبنا يأتي من الكائنات الحية، ويؤدي هذا الخطأ في نهاية الأمر إلى انهيار أحلامهم. كما اكتشفوا أن «أورورا» يؤوي كائنات نانوية يرون أنها تمثل «خطوة انتقالية نحو الحياة»، كما أبدوا ملاحظة مثيرة للقلق، وهي أن البشر «يمثلون رحمًا جيدًا» لتكاثر هذه الكائنات.



VICTOR HABBICK/VISUALS UNLIMITED/GETTY

انطباع فنان عن شكل «مركبات الأجيال».

حين انحرفت الخطط والخطط البديلة ـ التي وضعها روبنسون ـ عن مسارها المحدد، اضطر أن يقلل من التوصيف؛ ليُركز على تفاصيل انهيار الغلاف الجوي، وصراع البشر في مواجهة القوانين الصارمة للجغرافيا الحيوية للجُزُر. ومن ثم، تتطور البكتيريا بسرعة، مما يؤدي إلى «مرض جميع ركاب المركبة»، كما يتقلص المدى العُمري للمستعمرين، وأجسامهم، ومعدلات ذكائهم. وانقسمت الجماعة القوية المكونة من 2,000 عضو ـ التي كانت يومًا ما هادئة ـ إلى طوائف، حيث رأى فيها البشر أنفسهم مديري تجمُّع حيوي، منخرطين في أعمال الزراعة، وإصلاح مركبتهم بمساعدة شبكة من الذكاء الاصطناعي. وفي وصفه لتفتيت المجتمعات التي تقترب من المثالية، مالت لغة روبنسون إلى الحزن: «هذا الشعور بالغثيان الوجودي كان مصدره أننا مكتوفو الأيدي.. إذ لم يحمل المستقبل سوى الخيارات السيئة»، ولكن حين احتدم الخلاف، شكّل الذكاء الاصطناعي وعيًا جماعيًا قادرًا على اتخاذ القرار، يراقب الناس بعينين ثاقبتين، وتحليل حزين.

في النهاية، اتضح أن «أورورا» هي قصة رحلتين، وإنْ كنت لا أرغب في إفساد نهايتها. لقد قدَّم روبنسون تحليلًا متقنًا لكل ما تستلزمه الرحلات الاستكشافية عبر النجوم، بدقة متناهية متوَّجة بعنصر الخيال. فالعيش على مدار قرنين من الزمان في بيئة مغلقة يؤدي إلى حدوث توتر، يزيد إلى درجة غير محتملة، إنْ تلاشى حُلم الاستيطان.

عادةً ما يحرص المهاجرون إلى الأراضي البعيدة على الاستماع إلى آراء أطفالهم وأحفادهم أولًا، فهل تختلف في هذا الصدد المستعمرات المقامة بين النجوم؟ من الواضح أن روبنسون يعتقد ذلك. ■

جريجوري بنفورد أستاذ فخري في الفيزياء وعلم الفلك بجامعة كاليفورنيا، إيرفين، ومؤلف رواية الخيال العلمي «الهروب من الزمن» *Timescape*.
البريد الإلكتروني: xbenford@gmail.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مراسلات

طرق متعددة للاطلاع على أحفوريات أشباه البشر

إن منظور ميكل شيري عن سياحة النخبة في موقع التراث العالمي «مهد البشرية» في جواتنج بجنوب أفريقيا لا يأخذ في حسبانه الجهود المكثفة التي يقوم بها العلماء، والحكومة، والقطاع الخاص؛ للوصول إلى فَهْم أوسع للتطور البشري، وتراثنا المشترك مع شعب جنوب أفريقيا (*Nature* **523**, 33; 2015).

وربما يحتاج التنقيب عن أحفوريات أشباه البشر في كهوف مالابا ـ التي تُرى من هيكل علوي (**في الصورة**) ـ إلى سياح أثرياء؛ ليدعموا الوصول إلى الموقع، لكن الخطط تتضمن جولات مدرسية مجانية في يوم واحد كل شهر على الأقل.

وسيكون كهف النجم الصاعد مفتوحًا كمتحف طبيعي وتراثي، مقابل رسوم دخول تبلغ فقط عدة راندات (12 راندًا تساوي دولارًا أمريكيًّا واحدًا). وسوف يتيح مختبر افتراضي في «مركز مارووبنج للزائرين» للناس مشاهدة أحفوريات مالابا وهي تجهَّز عبر الإنترنت.

في العام الماضي، زار 38 ألف طفل من طلاب المدارس مرافقنا التعليمية في موقع العصر الحجري الحيوي «ستيركفونتين» Sterkfontein. ووصلت برامج التوعية في معهد الدراسات التطوُّرية بجامعة ويتواترزراند ـ إلى جانب الأنشطة المموَّلة من القطاع الخاص ـ إلى نحو 200 ألف آخرين من أطفال المدارس، أغلبهم من خلفيات فقيرة.

هذا.. وتُقام معارض عامة لكنوزنا من أحفوريات أشباه البشر بشكل متكرر في متاحف عبر جنوب أفريقيا، ويصل عدد المعروضات إلى 15 في كل معرض يُقام. وقد قامت الحكومة، وجامعة ويتواترسراند كذلك بإهداء مجموعات من أحفوريات *Australopithecus sediba* إلى متاحف عبر أفريقيا، وحول العالم.

لي آر. بيرجر جامعة ويتواترسراند، جنوب أفريقيا.
lee.berger@wits.ac.za

مبادرات.. لِبِنَاء جسر بين الدين والعِلْم

هناك مبادرتان تهدفان إلى زيادة الوعي بالعلوم، وقبولها في المجتمعات المسيحية الأمريكية، التي يعارض بعضها جهود تعليم العلوم. أُنشئت مبادرة «بيولوجوز» BioLogos (http://biologos.org) في عام 2007 على يد فرانسيس كولينز، الذي كان حينها رائدًا لمشروع الجينوم البشري؛ لتشجيع غيره من المسيحيين على قبول التطور في سياق عقيدتهم الدينية. وكانت الثقة والاحترام لكولينز هما مفتاح نجاحها. وحتى الآن، أنفق برنامج المِنَح الخاص بالمبادرة 3.9 مليون دولار أمريكي لـ37 مشاركة دينية علمية.

ولدعم الحوار بين اللاهوتيين وعلماء العلوم المسيحيين، تحاول المبادرة إيجاد مساحة مشتركة بين الحقائق العلمية التي لا تعترف بالدين، والمبادئ الدينية التي تتعارض مع العلم. فعلى سبيل المثال.. في يونيو الماضي، عُقد مؤتمر لعلماء العلوم، وعلماء الدين، ورعاة الكنيسة، ساعد على تفصيل نقاط التشابك بين اللاهوت، ونظرية التطور (انظر: go.nature.com/ovnpwb).

ويتخذ برنامج أنشأته «الجمعية الأمريكية لتطوير العلوم» نهجًا مختلفًا، بالمشاركة مع اتحاد مدارس اللاهوت (www.scienceforseminaries.org). وقد ساعدت مشروعاتهم التجريبية عشر مدارس دينية منذ عام 2013 على دمج العلوم في المناهج المخصصة لتدريب القيادات الدينية. وضمَّن أحد المعاهد الدينية الأحياء التطورية في مناهج دراسية حول تفسير الكتاب المقدس، وهناك معاهد أخرى تقوم بتدريس علم الأعصاب، أو الجينات، أو علم البيئة، في إطار استكشاف الهوية، ومبادئ الحفاظ على البيئة.

إن تعليم العلوم هو منفعة عامة، ينبغي علينا كعلماء أن نساعد في دعم هذه المنفعة عبر كافة الأديان، من خلال مشاركات مثل تلك.

إس. جوشوا سواميداس جامعة واشنطن في سانت لويس، ميزوري، الولايات المتحدة الأمريكية.
swamidass@wustl.edu



مِنَح مخصَّصة للعمل الميداني

أبرزتم نقاشًا على وسائل التواصل الاجتماعي بصدد عادة الاستعانة بالمتطوعين في البحث الميداني في مجال علم الأحياء (*Nature* **522**, 131; 2015). ونحن نرى أن الحل لا يكمن في الاستغناء عن هذه المناصب، بل في زيادة المنافع التي ستعود بها على شاغليها، وإتاحتها للطلاب الذين يحتاجون إلى هذه الخبرة، لرفع قيمة طلباتهم المقدمة ـ على سبيل المثال ـ لاستكمال الدراسة بعد التخرج، أو لاختبار مدى التزامهم بمهن البحث الميداني.

وعلى الرغم من أن البعض يرى أن فترة الاختبار غير مدفوعة الأجر تكون للنخبة، إذ لن يتمكن من خوضها إلا مَنْ يقدرون على التكفل بمعيشتهم، إلا أن حرمان المتطوعين منها سيحدّ من إتاحة المناصب الميدانية للجميع. ومن الممكن أن تتبع وكالات التمويل ـ مثل «المؤسسة الوطنية الأمريكية للعلوم» ـ استراتيجية أفضل، من خلال تخصيص زمالات بحثية للمتدربين القادمين من المجموعات الاقتصادية والاجتماعية غير الممثَّلة تمثيلًا كافيًا، وهذا الدعم سيغطي التكاليف الميدانية، كما سيوفر راتبًا معقولًا. وسيسمح هذا النظام للباحثين باختيار المرشحين الواعدين وتوظيفهم، كما سيسهل حصول مجموعة أكثر تنوعًا من المتقدمين على الخبرة الميدانية القيِّمة.

جوان ب. سيلك جامعة ولاية أريزونا، تيمب، أريزونا، الولايات المتحدة الأمريكية.
Joansilk@gmail.com

*بالإنابة عن 4 مراسلين (انظر: go.nature.com/3e7y7v للتعرف على القائمة الكاملة).

وضع معايير لتحديد أخطاء التحرير الجيني

بات من المهم وضْع إرشادات متفَق عليها، لتحديد الطفرات المنحرفة في الحمض النووي، التي قد تظهر كأثر جانبي غير مقصود لتحرير الجينوم (انظر: *Nature* **522**, 20-24; 2014). وأَحُثّ المجتمع هنا على المشاركة في هذه المناقشات (انظر: go.nature.com/zncbil).

هذه المعايير المنظمة سوف تساعد الباحثين والمراجعين من العلماء الأقران، ومحرري الدوريات العلمية، والمراقبين على تحديد هذه الطفرات على أكمل وجه، وتمييزها. وفي مجال التطبيقات العلاجية، ينبغي أن تُحدَّد الطفرات غير المرغوبة باتباع الطرق المحايدة عالية الحساسية على نطاق الجينوم، إذ إن كل ما يطرأ على المجموعات الكبيرة من الخلايا، حتى لو كان قليل الحدوث، قد يَترك تداعيات إكلينيكية. وهذا التحديد الشامل ربما لا يكون ضروريًّا للمشروعات البحثية؛ لأن التجارب الضابطة الملائمة تستبعد تلقائيًّا النتائج الملتبسة المحتملة، التي قد تنتج عن الآثار الجانبية غير المقصودة. أما في الوقت الحالي، فقد تبدأ المقارنة المباشرة بين أحدث الوسائل التكنولوجية في تحديد أفضل الممارسات، وهذا سوف يتحسن لاحقًا مع تطور منهجيات الكشف والتحرير.

ج.كيث جونج المستشفى العام بولاية ماساتشوستس، تشارلستاون، ماساتشوستس، الولايات المتحدة الأمريكية.
jjoung@partners.org

إقرار سياسة تعارُض المصالح، (انظر: go.nature.com/dellef).

واجب شركات الأدوية الأخلاقي

كل عام يَفقِد نصف مليون شخص حول العالم حياتهم، من جراء الإصابة بفيروس (سي)، بسبب عدم القدرة على تحمُّل تكاليف علاجه الباهظة. لذلك.. من الجيد إدراج تلك العلاجات جنبًا إلى جنب مع مضادات السرطان، ضمن قوائم «منظمة الصحة العالمية» للأدوية الأساسية التي تحفظ الحياة، (انظر: go.nature.com/wzah9w). ومع ذلك.. لن يشكل إدراج تلك الأدوية ضمن القوائم حلًّا ناجعًا،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فذلك لن يجعلها متحملة التكاليف، خاصة في العالم النامي، (انظر: www.msfaccess.org).

لذلك.. يجب على السلطات الصحية إجبار شركات الأدوية على الوفاء بواجبها الأخلاقي، من خلال استقطاع جزء من تكاليف أدوية إنقاذ الحياة، التزامًا بإعلان الدوحة 2001، وخصوصًا مع المعطيات التي تؤكد أنه حتى بعض الدول الغنية لا يمكنها تحمّل دفع تكاليف تلك الأدوية.

ولدعم ذلك.. ينبغي على الحكومات وسلطات الصحة المحلية عدم الاعتراف ببراءات اختراع الأدوية المُبالَغ في ثمنها، التي يمكن أن تكون بأسعار أكثر معقولية.

ويجب على السلطات الإصرار على إعلان مؤسسات صناعة الأدوية لتكاليف تصنيع الدواء للرأي العام، على أن يتضمن ذلك الإعلان حجم الاستثمار في البحث الدوائي، وحجم العائد من بيع الدواء، مقارنةً بالإنفاق عليه، وهو الأمر الذي من شأنه أن يعطي للجمهور فرصة الحُكم على سعر الدواء، مقابل الاستثمار في ابتكاره، عوضًا عن إرضاء حاملي الأسهم ودعم التسويق.

فيتوريو بيرتيلي، وسيلفو جاراتني IRCCS ـ معهد ماريو نيجري للبحوث الدوائية في ميلانو، إيطاليا.
البريد الإلكتروني: Vittorio.bertele@marionnegri.it

تتبُّع بؤر التلوث، فور حدوثه

لقد سعدنا كثيرًا نحن مواطنو بكين، بعد أن تمكنت الصين من تحديد أولوياتها في مراقبة التلوث، عبر البدء في تنفيذ قانون جديد لحماية البيئة، حيث يرفع التقدم الحادث في نظم مراقبة البيئة ـ الذي يتضمن مستشعرات لاسلكية، وتطبيقات هواتف ذكية، ونظامًا لمعالجة البيانات الضخمة ـ وعي الجمهور، ويخلق سبلًا جديدة لمشاركته. وذلك القانون سيسهل عملية تحليل البيانات، عبر ربط الباحثين بالوكالات الحكومية والمنظمات غير الحكومية. فعلى سبيل المثال.. ستتمكن المستشعرات اللاسلكية المركَّبة على قمم مداخن الشركات الملوِّثة للبيئة، ومخارج شبكات صرف المياه، من قياس مستويات ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين، ومقدار تلوث المياه في الوقت الفعلي.

وستسمح تكنولوجيا البيانات الضخمة بتحويل تلك البيانات العملاقة إلى صورة رقمية يمكن رؤيتها على شبكة الإنترنت، الأمر الذى من شأنه رفع التبصر الإقليمي والوطني تجاه التلوث. على سبيل المثال.. حتى هذه اللحظة، يمكن معرفة حالة الهواء في 367 مدينة صينية رئيسة في الوقت الفعلي، من خلال موقع: www.cnemc.cn (باللغة الصينية).

شاويان زينج، وييبنج لف المعهد الصيني لمراقبة البيئة، بكين، الصين.
البريد الإلكتروني: zhengxy@cnemc.cn

قلّلوا من إهدار الحيوانات في اختبارات السموم

إن استخدام الحيوانات المختلَف عليه في دراسات السموم، بهدف تقنين الأجهزة والأدوية والكيماويات الزراعية يُعَدّ ـ من وجهة نظري ـ مثار قلق أكبر من الاستخدام غير الملائم لنماذج الحيوانات في البحوث (انظر: I. A. S. Olsson and N. H. Franco *Nature* **523**, 35; 2015).

لايزال اختبار تأثُّر الحيوانات بالمنتجات التجارية يُستخدم غالبًا كإجراء شكلي، وليس كمحاولة مدروسة لتقييم المخاطر على البشر أو البيئة (انظر، على سبيل المثال، T. Hartung *Nature* **460**, 208–212; 2009). فالدراسات التي تَستخدم القوارض على مدى عمر كامل مستمرة، رغم الأدلة التي تفيد بأن الاختبارات التي تدوم 90 يومًا لها القيمة التنبؤية نفسها (S. M. Cohen *Toxicol. Pathol.* **38**, 487–501; 2010).

يُعتبر عدم إمكان تكرار التجارب في الدراسات التنظيمية مشكلة كبيرة، تجعل تنبؤات المخاطر غير موثوق بها (C. Berry *Toxicol. Res.* **3**, 411–417; 2014). هذا.. بالإضافة إلى أنّ الميل إلى استحضار نهج وقائي؛ لتحديد المخاطر المفترَضة من دراسات تنظيمية سيئة التخطيط، قد شجَّع البعض على اتباع إطار عمل للاختبارات، يقلل من أهمية تصميم التجارب.

يرى أولسون، وفرانكو أن نماذج الحيوانات تكون أكثر قبولًا في البحوث، إذا كانت النتائج ذات أهمية بالنسبة إلى البشر. وهذا ليس هو الحال في كثير من تجارب دراسات السموم التنظيمية؛ التي تُعتبر مستهلِكًا ضخمًا لحيوانات المختبرات.

كولين بيري لندن، المملكة المتحدة.
colin@sircolinberry.co.uk

إعلان المصالح المالية التنافسية ـ انظر: go.nature.com/jfvlvc.

أضيفوا مسألة الحفظ إلى الاتفاقية

قام مجلس الشيوخ الأمريكي في شهر يونيو الماضي بتسريع المفاوضات حول مشارَكة بين الدول المطلّة على المحيط الهادئ (انظر: go.nature.com/lt2eex)، وهي واحدة من أكبر اتفاقات التجارة الحرة في التاريخ، لكننا نخشى أن يؤدي ذلك ـ عن غير قصد ـ إلى تحفيز المتاجرة غير القانونية بموارد الحياة البرية، ما لم تُتَّخذ تدابير وقائية صارمة.

شهد العام الماضي زيادة كبيرة في الصيد غير المشروع لوحيد القرن والفيلة، وسيؤدي تحرير التجارة إلى زيادة ذلك أكثر، خاصة أن تلك المشارَكة التجارية تتضمن بعض أبرز الدول المستهلِكة والمورِّدة لمنتجات الإتجار غير المشروع في الحياة البرية. فتبسيط الإجراءات الجمركية، وإرخاء السيطرة على الحدود، ومراقبة التجارة، كلها تسهل تهريب تلك المنتجات.

ينبغي أن تتضمن الاتفاقية بنودًا تفاوضية مُلْزِمة وقابلة للإنفاذ، تحترم الالتزامات الدولية بحفظ التنوع الحيوي، والمتاجرة المنظَّمة بالأنواع المحمية. فعلى سبيل المثال.. تضمنت اتفاقية الترويج التجاري بين الولايات المتحدة وبيرو في عام 2009 التزامات وعقوبات لدعم التزام بيرو بتقييد الاحتطاب غير القانوني، وتجارة الموارد البرية (انظر، على سبيل المثال، S. Jinnah and E. Morgera *Rev. Eur. Comp. Int. Environ. Law* **22**, 324–339; 2013).

ماريبيل رودريجيز جامعة الأندلس الدولية، بيزا، إسبانيا.
جاكوب فيليبس مركز بحوث الغابات الدولية، بوجر بارات، إندونيسيا؛ وجامعة لانكاستر، المملكة المتحدة.
jacob.phelps@gmail.com

احْمُوا الشباب من السجائر الإلكترونية

مِن المقرر أن يتم تكريم السيناتور الديمقراطي مارك لينو على جهوده في مجال الحفاظ على موقع ولاية كاليفورنيا الريادي في حماية الشباب من التأثيرات الضارة للتبغ والنيكوتين، بكافة صورهما (انظر: *Nature* **523**, 267; 2015).

فاستخدام السجائر الإلكترونية ـ على عكس ادعاءات القطاع الصناعي ـ يتزايد بين الشباب الذين لم يسبق لهم التدخين (R. E. Bunnell *et al. Nicotine Tob. Res.* **17**, 228–35; 2015)، وليس فقط بين المدخنين البالغين الذين يبحثون عن بدائل أقل ضررًا من السجائر.

تُصَمَّم بعض السجائر الإلكترونية بحيث تبدو كالسجائر التقليدية، وتأتي بنكهات تروق للأطفال والمراهقين، ويتم الترويج لها وبيعها في محلات وصيدليات يتردد عليها الشباب. والسجائر الإلكترونية تحتوي هي الأخرى على النيكوتين المسبِّب للإدمان. وهناك حاجة إلى المزيد من الأبحاث حول سلامة مكوناتها الأخرى.

إلى أن نصل إلى معرفة المزيد حول هذه المنتجات غير الخاضعة للتنظيم بشكل كبير، ينبغي أن يتم ـ على نطاق واسع ـ تقديم تشريعات مماثلة لمشروع القانون الذي تم رفضه في كاليفورنيا، للإبقاء على السجائر الإلكترونية وغيرها من الأجهزة الإلكترونية التي تحتوي على النيكوتين بعيدًا عن متناول الشباب.

ليندا ريتشر كاسا كولومبيا، نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية.
lrichter@casacolumbia.org

ادعموا نيبال؛ لإعادة البناء باستدامة

يعطي التقرير الحكومي حول زلزالي نيبال، اللذين وقعا في 25 إبريل، و12 مايو الماضيين، واللذين تسببا في مقتل نحو 8,600 شخص، وتشريد ما لا يقل عن 2.8 مليون شخص، الأولوية لإعمار المباني والبِنَى التحتية (انظر: go.nature.com/pdksq6)، ولكنه يتجاهل تأثير أعمال الترميم واسعة النطاق على البيئة الهشة والأنظمة البيئية المعرَّضة للخطر.

ولقد أدركنا أهمية تلك الأمور من خلال عمليات إعادة البناء واسعة النطاق، التي تمت في آتشيه بإندونيسيا، بعد التسونامي الذي وقع في المحيط الهندي في عام 2004.

وقد أوصى تقرير تناوَل إعادة إعمار «آتشيه» بالتعامل مع التدهور البيئي في وقت مبكر من عملية إعادة التخطيط، للحَدّ من الضرر المحتمَل خلال عملية إعادة الإعمار، مع الوضع في الاعتبار ضرورة وضع رؤية؛ للحَدّ من إزالة الغابات، واستغلال الموارد الطبيعية (انظر: http://go.nature.com/xpaxju).

بالمثل، ينبغي على مجتمع العون الدولي دعم نيبال في استخدام وسائل إعادة إعمار صديقة للبيئة. ويجب على الحكومة أن تنظر في عمليات استخدام التربة الطينية ـ المطلوبة لإنتاج تريليونات من الطوب الناري ـ لأن هذا قد يتسبب في انهيارات أرضية، ويؤدي إلى تآكل التضاريس الهشة. وينبغي عليها فرض معايير لانبعاثات الكربون، تُطبق على أفران الطوب، وأن تجعلها أنظف وأكثر كفاية؛ للحَدّ من التلوث واستهلاك الأخشاب (لقد التهمت عمليات إزالة الغابات نحو ثلثي غابات نيبال الطبيعية خلال 30 عامًا). إن التحكم في التنقيب؛ لاستخراج الحصى والرمال من قاع الأنهار من شأنه أن يقلل من مخاطر تحويل مسارات التيارات المهمة، وأن يحمي الأنظمة البيئية الخاصة بالأنهار.

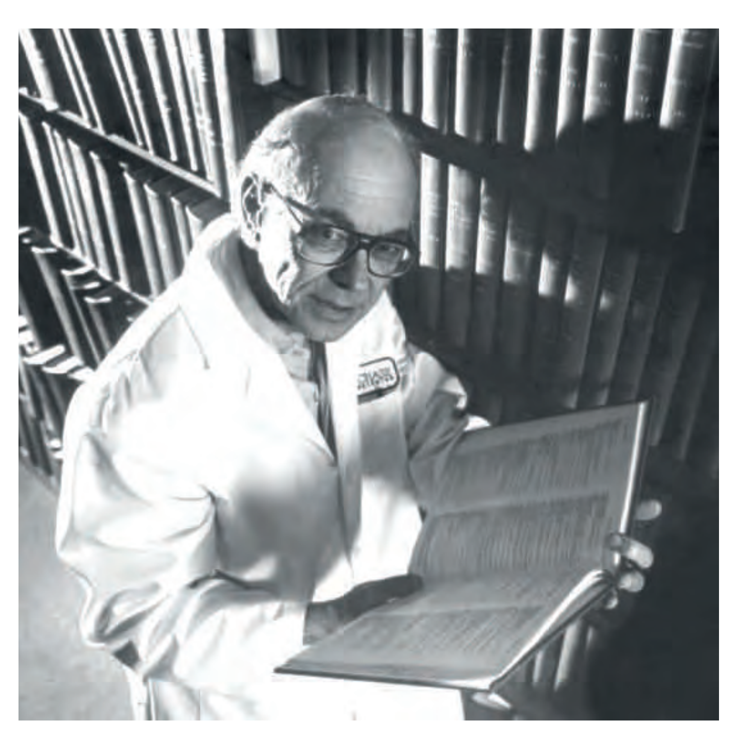
شيفا راج ميشرا جمعية تنمية نيبال، شيتوان، نيبال.
nedsnepal@gmail.com

إروين ألان روز

(2015–1926)

العالِم الذي اكتشف دور اليوبيكويتين في تدمير البروتينات الخلوية.

ساعد إروين ألان روز (إيرني) ـ الذي توفي في الثاني من يونيو الماضي ـ في إيضاح كيفية تعرُّف الخلايا على البروتينات التالفة، وتكسيرها إلى الأحماض الأمينية المكوِّنة لها. وقد أدَّت اكتشافاته إلى تطوير مثبطات الأجسام التي تحلّل البروتينات، وهي أدوية تُستخدم لعلاج بعض أنواع السرطان. وُلد روز في عام 1926 في حي بروكلين بنيويورك، حيث كان أبوه يدير مشروعه الخاص بتصنيع الأرضيات. وقد انضم روز إلى كلية ولاية واشنطن في بولمان للدراسة. وبعد فترة قصيرة قضاها في خدمةِ البحرية الأمريكية أثناء الحرب العالمية الثانية، أكمل دراسته، وحصل على درجة البكالوريوس في عام 1984 من جامعة شيكاجو بولاية إلينوي. وفي عام 1952، حصل على درجة الدكتوراة في الكيمياء الحيوية من الجامعة ذاتها.



FOX CHASE CANCER CENTRE ARCHIVES

وبعد عامين من الأبحاث في مرحلة ما بعد الدكتوراة، أصبح روز عضوًا بهيئة التدريس في قسم الكيمياء الحيوية بكلية الطب في جامعة ييل في نيو هيفين، بولاية كونيتيكت. وفي هذه الفترة، تعرَّف على زيلدا بودينشتاين؛ وتزوجها، وكانت حينها طالبة في قِسمه. وفي عام 1963، انتقل إلى مركز سرطان فوكس تشيز بفيلادلفيا بولاية بنسلفانيا، حيث قضى هناك الجزء الأكبر من حياته المهنية.

وفي منتصف السبعينات، اكتشف العلماء أن نوعًا خاصًّا من البروتين، سُمي فيما بعد (اليوبيكويتين)، موجود في العديد من الأنسجة والكائنات، غير أن وظيفته كانت غير معلومة آنذاك. وفي أواخر ذلك العقد، وبالتعاون مع أحدنا (أفرام هيرشكو)، وعالِم الأحياء آرون شيكانوفر، بدأ روز في دراسة هذه البروتينات. وبدراسة اليوبيكويتين في الخلايا الشبكية، وهي خلايا كرات الدم الحمراء غير الناضجة، الأبسط في الاستخدام، مقارنةً بغيرها، اكتشفنا أهميته في هدم البروتين. وكانت هذه هي الخطوة الأولى في اكتشاف أن البروتينات التي ترتبط باليوبيكويتين تتكسر بفعل الأجسام التي تحلِّل البروتينات، ومن ثم يُعاد تدوير الشظايا إلى تكوين بروتينات جديدة.

إن اكتشاف عملية هدم البروتينات المعتمدة على اليوبيكويتين ألقى الضوء على أمراض متنوعة، مثل السرطان، الذي يتسبب في حدوثه اختلال المسار الحيوي. وقد أدَّى هذا العمل إلى تطوير أدوية عديدة تُستخدم لمعالجة سرطانات الدم، وهي تعمل عن طريق تعطيل نظام التخلص من البروتين؛ إذ تموت خلايا السرطان عندما تتراكم هذه البروتينات المعيبة داخلها.

بالرغم من اشتهار روز بإسهاماته في مجال اليوبيكويتين، إلا أنه أثبت ذاته كرائد في مجال دراسة آليات عمل الإنزيمات قبل ذلك بكثير. ففي أواخر الخمسينات، على سبيل المثال، كان روز ضمن أوائل الذين أدرجوا المركّبات المشعة، لتتبُّع مآل المواد الأيضية في المسارات الخلوية. فعن طريق التوسيم الإشعاعي لطلائع الحمض النووي، أوضح روز في دراسات درجة الدكتوراة أن نيوكليوتايد السيتيدين يندمج مباشرة في الحمض النووي، وأن تحويل السيتيدين إلى سيتيدين منزوع الأكسجين يُعَدّ خطوة ضرورية في تشكيل الحمض النووي.

درَس روز لاحقًا في جامعة ييل كيف تعتمد آليات عمل الإنزيمات، جزئيًّا، على الترتيب الفراغي للذرات التي تشكل كلًّا من المادة المتفاعلة وجزيء الإنزيم، مركِّزًا على العمليات المتضمَّنة في أيض السكريات.

وفي مركز «فوكس تشيز» لدراسة السرطان، اهتم روز بتنظيم عملية تحليل الجلوكوز في كرات الدم الحمراء. ومن الجدير بالذكر أن العديد من الخلايا السرطانية تُبدي اعتمادًا أكبر على تحليل الجلوكوز، مقارنةً بالخلايا الطبيعية، وهي ظاهرة تسمى «تأثير واربورج»، نسبةً إلى عالِم الكيمياء الحيوية أوتو هينريش واربورج. وجذب أمر اكتشاف السبب وراء ذلك الاهتمام الأكبر لدى مجتمع أبحاث السرطان في ذاك الوقت. وقد أظهرت أعمال روز على إنزيم الهيكسوكاينيز أن إضافة ذَرَّة فوسفات واحدة إلى ذرات الكربون في الجلوكوز تُعَدّ الخطوة الرئيسة المحددة في عملية تحليل الجلوكوز، كما وصف بالتفصيل الآليّات المختلفة، والخطوات المتضمَّنة في المسار الحيوي، عن طريق إضافة بعض المحفِّزات والسموم، مثل الفوسفات غير العضوي والميثيلين الأزرق.

وفي عام 1979، تم اختيار روز من قِبَل الأكاديمية الأمريكية الوطنية للعلوم، لدراساته حول آليات عمل الإنزيمات. في الواقع، ومن نواح عدة، أعدَّته خبرته ذات الثلاثة عقود لتعقيدات دراسة إنزيم اليوبيكويتين، وهذا تذكير بأهمية دراسة العلوم الأساسية. وفي عام 2004، حصل على جائزة «نوبل» في الكيمياء، مشاركةً مع أفرام هيرشكو، وشيكانوفر، إثر دراسة اليوبيكويتين.

كان إيرني عبقريًّا لدرجة أن الناس لم تكن عادة تفهم أفكاره، كما كانوا يرهبونه نوعًا ما، وغالبًا ما كانوا يخشون التعامل معه، حيث كان ناقدًا لاذعًا، لا يتردد في التعبير عن آرائه بوضوح، ولكنه كان كريمًا إلى حد بعيد في تعاونه مع الآخرين، وهي ظاهرة نادرة في المجتمع العلمي اليوم.

لطالما قلَّل روز من تقديره لحجم إسهاماته في مجال اليوبيكويتين، حتى إنه حينما كتب مقالًا عن سيرته الذاتية في دورية «بروتين ساينس» في عام 1995، لم يُشر فيه إلى كلمة (يوبيكويتين) قط. وفي سياق حديثه، وصف دوره في قصة اليوبيكويتين، باعتباره مجرد داعم، لكنْ كانت إسهامات إيرني ـ في الواقع ـ من أفكارٍ، وإلهام، ونقد بنّاء، مهمة لاكتشاف نظام عمل اليوبيكويتين، فضلًا عن وضع تصوُّر لتفاعلات بعض الإنزيمات الرئيسة في المسار الحيوي. واستمر إيرني بعد تقاعده في تقديم أفكار نيِّرة بشأن قضايا مختلفة، مثل أصل الحياة، ومؤخرًا حول كيفية إيجاد حل لظاهرة الاحتباس الحراري. وفي النهاية، رحل إروين ألان روز، ذلك العالِم المتميز، ولسوف نفتقده كثيرًا. ■

كيث ويلكنسون أستاذٌ ونائب رئيس قسم الكيمياء الحيوية بجامعة إيموري، أتلانتا، جورجيا، الولايات المتحدة الأمريكية. قابل إروين روز في عام 1977، حين أتى إلى فيلادلفيا كزميل أبحاث لمرحلة ما بعد الدكتوراة. **أفرام هيرشكو** أستاذ الكيمياء الحيوية بكلية رابابورت للطب، بمعهد تكنيون الإسرائيلي للتكنولوجيا، حيفا، إسرائيل. قابل روز خلال إجازة تفرغ علمية، قضاها بمختبر روز في فيلادلفيا في عام 1977.

البريد الإلكتروني: genekdw@emory.edu؛
hershko@tx.technion.ac.il

الشكل 1 | تعديل وزَرْع طفيل كريبتوسبوريديوم *Cryptosporidium*. يمكن عزل بويضة الطفيل سميكة الجدار من براز العجول المصابة. ويمكن أن تستحَثّ البويضات الكيسية لتتحرر منها الحيوانات البوغية، التي سوف تُعْدي الخلايا الطلائية المزروعة، غير إن الحيوانات البوغية تستطيع البقاء فقط لدورة تكاثر، أو لدورتي تكاثر، ثم تموت. وقد قام فيناياك وزملاؤه[1] بالتغلب على تلك العقبة في النظام المختبري بطريقتين، حيث طوّروا طريقة للتعديل الوراثي لطور الحيوانات البوغية باستخدام التثقيب الكهربائي، بغرض إدراج قطعة من الحمض النووي الخارجي في شكل بلازميد، يحمل التتابع الجيني الضروري لتحرير الطاقم الوراثي المعتمد على تقنية كريسبر. وقد بيَّن الباحثون أن الحيوانات البوغية المعدلة سوف تتكاثر عندما تُزرع مباشرة داخل أمعاء الفأر، ويمكن استعادتها كبويضة كيسية معدلة، يتم جمعها من براز الفئران، من أجل التحليل في بيئة الزرع، أو تُحقن مرة أخرى في فأر جديد؛ للحفاظ عليها إلى ما لا نهاية.

طفيليات

استخدام تقنية كريسبر في طفيل الكريبتوسبوريديوم

إن دراسة المسبِّب المَرَضِي للإسهال كريبتوسبوريديوم لم تكن يسيرة، نظرًا إلى قلة أدوات التعديل الجيني، فضلًا عن أدوات زرع الطفيل، لكنّ وصف طرق لتحرير الجينوم وتكاثر هذا الطفيل يمكن أن يغير هذه الصورة.

ستيفين م. بيفرلي

يقول المثل الشائع للمسافرين المتعَبين في نيو إنجلاند: "لا يمكن الذهاب إلى هناك من هنا". وحتى وقت قريب، كان ذلك المثل ينطبق على المسافرين العلميين، أي العلماء الذين يأملون في دراسة العامل المسبِّب للإسهال على نطاق واسع، المسمَّى كريبتوسبوريديوم *Cryptosporidium*، وهذا باستخدام علم الوراثة الجزيئية الحديثة. ويوضح فيناياك وزملاؤه[1] أنه في الواقع "يمكن للمرء أن يذهب إلى هناك". فما قرروه حول التعديل الوراثي لهذه الكائنات أحادية الخلية باستخدام تقنية كريسبر/كاس9، يُؤذِن ببداية حقبة جديدة في دراسة هذا العامل المسبِّب للمرض.

يتضمن نوع طفيل كريبتوسبوريديوم العديد من الفصائل التي تصيب الإنسان وغيره من الثدييات. وتُعرف هذه الطفيليات الأولية باعتبارها ضمن أكثر المُمْرِضات المسبِّبة للإسهال أهمية[2,3]، إذ تمثل ما يربو على 10% من حالات الوفيات في الأطفال على مستوى العالم، وغالبًا ما تصيب الأشخاص ذوي المناعة المنخفضة. وتحدث العدوى على مستوى العالم بالتزامن مع تلوث المياه. ومن ضمن الأمثلة الملحوظة في الولايات المتحدة الأمريكية كانت "الجرثومة التي جعلت مدينة ميلووكي شهيرة"؛ ذلك التفشي الذي أصاب المدينة بأسرها في عام 1993 (المرجع 4).

تنشأ العدوى بطفيل كريبتوسبوريديوم من تناول المصاب للطفيليات في مرحلة من مراحل دورة حياتها، تُسمى الكيس سميك الجدار (البويضة المتكيسة). وإبان تحمُّلها للظروف غير المناسبة في معدة العائل، تخرج البويضة المتكيسة من كيسها، ليتحرر الطور المعدي القادر على التكاثر، والمسمَّى (الحيوانات البوغية)، التي تنقسم في بطانة الأمعاء، مكوِّنةً بدورها الأكياس التي تفرز في البراز. وطفيل كريبتوسبوريديوم ينتمي إلى مجموعة من الطفيليات الأولية، تُسمى (البوغيات)، التي انفصلت مبكرًا عن أقربائها الأكثر خضوعًا للدراسة، وتنتمي إلى المجموعة ذاتها (طفيل توكسوبلازما، وطفيل الملاريا، وطفيل بلازموديوم).

ولهذا.. فهي تبدي العديد من السمات التطورية، بما في ذلك الاختلافات الجوهرية في بيولوجيا الخلية (على سبيل المثال.. افتقادها لعُضيّ خلوي يُسمى البلاستيدات غير التمثيلية Apicoplast)، والاختلافات في دورة العدوى الخاصة بها، وفي طاقمها الوراثي الذي يبلغ 3,950 جينًا، وهو أصغر بكثير من أقرانها الآخرين أعضاء مجموعة البوغيات[5-7]. يتضمن جينوم طفيل كريبتوسبوريديوم العديد من الجينات الأساسية التي اكتسبها الكائن من خلال الانتقال الأفقي للجينات من كائنات مجهرية أخرى[5-7]، وهو ما عساه أن يعكس ميل هذا الطفيل إلى البكتيريا المعوية. وإجمالًا، تتيح هذه الخصائص فرصًا رائعة للبحوث الأساسية، فضلًا عن تحديد المسارات الخلوية ذات الصلة بالعلاج، غير أن هذه المهام غدت صعبة، من جراء نقص الأدوات الوراثية.

ومع ذلك.. فالتحدي الحقيقي في الواقع ليس في مجال التقنيات الجزيئية، ولكن في محددات العمل على طفيل كريبتوسبوريديوم، إذ لا يمكن زرعه لفترات طويلة في المختبر. وعوضًا عن ذلك.. لا بد أن تُعزل البويضة المتكيسة من عجول مصابة، أو أن يتم شراؤها. والأكياس ذاتها يمكن أن تخزَّن لأشهر، غير أن الحيوانات البوغية المنتشرة التي لقحت على خلايا الثدييات؛ بغرض إنمائها، لا تمكث أكثر من دورة أو دورتين من دورات

التكاثر بالكاد. وتمثل هذه الفترة الزمنية الضيقة إعاقة حقيقية لإجراء التجارب[2].

وقد عمل فيناياك وزملاؤه[1] على تحسين ذلك الوضع. فقد أَجْروا سلسلة من التحسينات على تقنيات التعديل الوراثي الحالية، من شأنها أن ترسخ المعايير الأساسية للتحول الوراثي الانتقالي المؤقت الناجح للحيوانات البوغية لطفيل كريبتوسبورديوم. وتعمل هذه الطريقة على إدراج قطعة من تشفير الحمض النووي (في هذه الحالة بلازميد) لجين مرغوب، ليتم بعد ذلك التعبير عن هذا الجين في الخلية لفترة وجيزة. وقد تَحَقَّق الباحثون من إجراء نقل العدوى بشكل ناجح، باستخدام جين معلم، يشفر للبروتين المسمى "لوسيفيريز"، الذي يعطي وميضًا حيويًّا في وجود مادة تفاعل مناسبة. ويندمج هذا الجين المعلم ضمن الجين الذي يمنح الكائن القدرة على مقاومة المضادات الحيوية من فئة النيومايسين، وهو ما يوفر وسيلة لانتخاب الخلايا التي انتقلت العدوى إليها.

لم يَكْتَفِ فيناياك وزملاؤه بتحقيق التحول الوراثي الانتقالي المؤقت، الذي يمكن تكراره، فقد شرعوا كذلك في التغلب على مصاعب التجريب التي جابهتهم، حيث إنه أثناء زرع طفيل كريبتوسبورديوم تحت الظروف المعملية، فهو لا ينتج الكيس سميك الجدار الذي يعيش في البراز والمعدة، غير أن الباحثين قد تجاوزوا هذا العائق البيولوجي عن طريق حقن الحيوانات البوغية مباشرة في أمعاء فئران ذات مناعة ضعيفة، حيث نَمَت الطفيليات، وأنتجت البويضات الكيسيّة (الشكل-1).

وبغرض الحصول على تعديلات وراثية ثابتة، حيث يندمج الحمض النووي الذي تم إدخاله في الطاقم الوراثي، بدلًا من اعتماده على آليات الطفيل نفسه في عمل ذلك، اتجه الباحثون إلى أدوات اليوم الوراثية، وهي نظام "كريسبر/كاس9"، حيث إنه طريقة لتحرير الطاقم الوراثي، أثبتت كفاءتها في معظم الكائنات التي اختُبرت، بما في ذلك الطفيليات الأولية. وقد أدَّت سلسلة أخرى من التحسينات المهمة إلى ترسيخ وظيفة وفائدة هذا النظام في طفيل كريبتوسبورديوم. وفي نهاية المطاف، فإن نَقْل كل من جين لوسيفيريز المندمج مع جين مقاومة المضاد الحيوي نيومايسين، والجين المشفر لآلية كريسبر/كاس9 للحيوانات البوغية، ثم إصابة الفئران بهذه الأبواغ، ومعاملتها بنظير المضاد الحيوي نيومايسين، المسمَّى "بارومومايسين"، قد أدى إلى استعادة طفيليات مقاومة للمضاد الحيوي من براز الفئران. وهذه الطفيليات تعبِّر بشكل ثابت عن جين لوسيفيريز.

هذه هي المرة الأولى التي يُوصف فيها طفيل كريبتوسبورديوم مهندَس وراثيًّا، حيث تقدم طريقة جاهزة للتطبيق العملي، كما أنها تمكِّن من الرصد المختبري، أو الحيوي، لبقاء الطفيل بعد إعطاء الدواء أو غيره من العلاجات. وقد بيَّن الباحثون فائدة كريسبر/كاس9 من خلال استخدامه في الحيوانات البوغية، لإيقاف تعبير إنزيم ثايميدين كاينيز، الذي يمثل أحد الإنزيمات القليلة التي يستخدمها طفيل كريبتوسبورديوم لبناء القواعد النيتروجينية[8]. وتوضح هذه التجارب أن هذا النشاط الإنزيمي يوفر طريقًا جانبيًّا لنشاط إنزيم آخر، يُسمى دايهيدروفوليت ريداكتيز، وهو الإنزيم المسؤول عن عدم الفاعلية النسبية للأدوية المضادة لحمض الفوليك، ضد طفيل كريبتوسبورديوم، مقارنةً بالطفيليات البوغية الأخرى، غير أن نجاح فيناياك وزملائه لم يعتمد في مجمله على أسلوب جديد، أو انتهاج خطوات بعينها، بقدر ما كان معتمدًا على التكامل المنهجي ثاقب الرؤية لفريق العمل تجاه ما كان يعتقد أنه هدف مستحيل.

وعلى هذا النحو، فهي دراسة مرجعية لكيفية التعامل مع مسبِّبات أمراض كانت مِن قَبْل مستعصيةً. وسوف تمثل هذه الدراسة نموذجًا للمحاولات المستقبلية مع الكائنات الحية الأخرى المسببة الأمراض.

لم يبلغ هذا النهج حد الكمال بعد، فهو مرهق، ويستغرق وقتًا طويلا لإنتاج خط خلايا مهندَسة وراثيًّا بواسطة تمريرها خلال الفئران، ومن ثم يمكن دراسة الطفيل بعد استعادة الأكياس من البراز. ويمكن للمرء أن يتخيل الكثير من التطورات والاتجاهات المستقبلية، مثل استخدام أنظمة معتمدة على تقنية كريسبر؛ لإنتاج حِزَم من الطفيليات المتحورة، والكشف عنها في الوقت ذاته. وربما يأتي على رأس قائمة الأولويات إنتاج طفيليات معدَّلة، يمكنها التكاثر والتمايز بشكل لا نهائي في المختبر. والتحدي الثاني هو أن الجينات الضرورية لبقاء الطفيل داخل خلايا العائل لا يمكن استئصالها من أجل دراسة آلياتها؛ وعلى ذلك.. فإن إدراج استراتيجيات تنظيمية معتمدة على الحمض النووي الريبي، أو على البروتين من بوغيات أخرى لا بد أن يتغلب على هذه المشكلة.

لذا.. فبعد أن تَبَيَّن لنا كيف "نصل إلى هناك"، فإن استخدام التعديل الوراثي في طفيل كريبتوسبورديوم سوف يؤدي إلى زيادة كبيرة في فَهْمنا لبيولوجيا مسبِّبات المرض الأساسية، ومدى ضراوتها، كما يوفر معلومات أساسية وفاعلية لتطوير لقاحات محسَّنة وعلاجات. ■

ستيفين إم. بيفرلي يعمل بقسم الأحياء المجهرية الجزيئية في كلية طب جامعة واشنطن، سانت لويس، ميزوري 63110، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: beverley@wusm.wustl.edu

1. Vinayak, S. *et al. Nature* **523,** 447–480 (2015).
2. Checkley, W. *et al. Lancet Infect. Dis.* **15,** 85–94 (2015).
3. Striepen, B. *Nature* **503,** 189–191 (2013).
4. MacKenzie, W. R. *et al. N. Engl. J. Med.* **331,** 161–167 (1994).
5. Abrahamsen, M. S. *et al. Science* **304,** 441–445 (2004).
6. Bouzid, M., Hunter, P. R., Chalmers, R. M. & Tyler, K. M. *Clin. Microbiol. Rev.* **26,** 115–134 (2013).
7. Xu, P. *et al. Nature* **431,** 1107–1112 (2004).
8. Sun, X. E. *et al. J. Biol. Chem.* **285,** 15916–15922 (2010).

السرطان

التشخيص بواسطة حويصلات خارج الخلية

يتيح اكتشاف جزيء واحد مثبت على سطح الحويصلات الموجودة خارج الخلية ـ التي تنتشر في الدم ـ الكشف عن سرطان البنكرياس في مراحله الأخيرة، باستخدام قطرة دم واحدة من المريض.

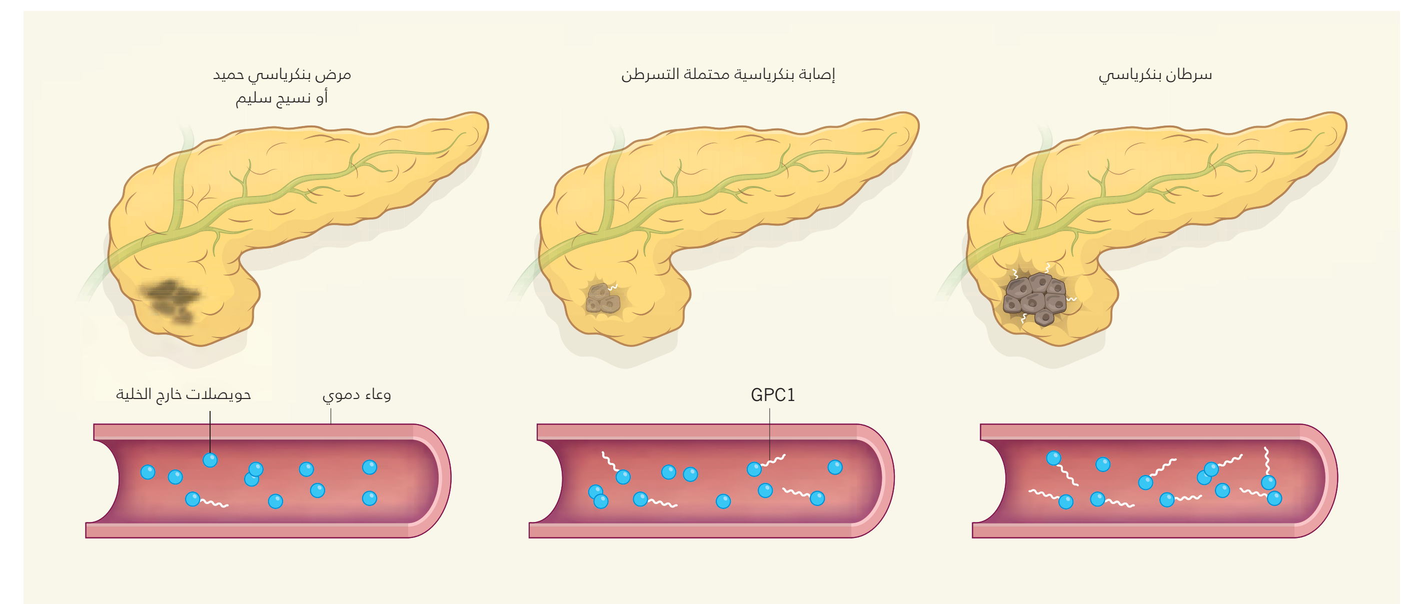
كلوتيلد تيري

يصف ميلو وزملاؤه[1] اختبارًا غير جراحي، يساعد على تحديد المرضى المصابين بسرطان البنكرياس في مراحله الأخيرة، بدقة تصل إلى 100%، كما يمكنه التمييز بين المرضى الذين يعانون من الإصابات البنكرياسية محتملة التسرطن، وأولئك المصابين بأمراض البنكرياس الحميدة. وعلى الرغم من أن عدد المرضى في المجموعة الأولى كان منخفضًا، وتطلبت النتائج مزيدًا من التحقق ضمن مجموعة أكبر، إلا أن الاستخدامات المحتملة لاختبار كهذا تبدو ضخمة، فمن شأنه أن يتيح للأطباء تقرير ما إذا كان عليهم إجراء عملية جراحية، أم لا.

ينطوي الاختبار على الكشف عن جزيء البروتيوجليكان المثبت في الغشاء الخلوي (جلايبكان-1 (GPC1))، والموجود داخل الحويصلات الموجودة بمجرى الدم. وقد وجد الباحثون هذا الجزيء في مواد غشائية عُزِلت من كمية صغيرة من مصل الدم المجمّد، المأخوذ من المرضى الذين يعانون من سرطان البنكرياس ممن خضعوا للاختبار. وعلى الجانب الآخر، فإن أمصال المرضى الذين كانوا يعانون من أمراض بنكرياسية أخرى لم تحتو على نسبة عالية من الحويصلات التي تحمل جزيئات GPC1 بداخلها، مقارنةً بالأصحاء (الشكل 1). وكان ذلك الاختبار أكثر مصداقية من التحليل الشائع استخدامه (الذي يتضمن طريقة ELISA) للكشف عن وجود واسم حيوي خاص بالورم البنكرياسي، يُدعى مستضد الكربوهيدرات 19-9 (CA 19-9) في الدم، الذي ارتفع مستواه في ما يقرب من نصف المرضى غير المصابين بالسرطان، في حين لم يكن لدى أيٍّ منهم مستويات مرتفعة من GPC1، ولم تكن معدلات CA 19-9 مرتفعة فوق المستويات الضابطة لدى عديد من المرضى الذين يعانون من مرض السرطان. وإضافة إلى ذلك.. فقد أصدر اختبار ميلو وزملائه ـ في نموذج فأر مصاب بسرطان البنكرياس المحفَّز وراثيًّا ـ نتائج إيجابية قبل وجود ورم واضح.

تم الكشف في السابق عن تعبير GPC1 المتزايد في سرطان البنكرياس، ودوره الإيجابي في تكاثر الورم وانبثاثه، باستخدام خطوط الخلايا السرطانية، ونماذج الفئران[2-4]. أما تقرير ميلو وزملائه، فتكمن حداثته في كشفه عن وجود GPC1 في الحويصلات الدائرة في مصل الدم، والقيمة المذهلة لهذا الجزيء كواسم حيوي. ومِن الملاحَظ أن كشفًا بسيطًا لـGPC1 في المصل بواسطة ELISA، دون تركيز الحويصلات، لا يوفّر اختبارًا تشخيصيًّا أكثر مصداقية من تحرِّي CA 19-9. لذا.. يوضّح هذا العمل للمرة الأولى أن الحويصلات الموجودة بمجرى الدم يمكن أن تكون مصدرًا لواسمات حيوية تشخيصية نوعية وموثوقة للسرطان.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الشكل 1 | يميز GPC1 سرطان البنكرياس عن المرض الحميد. يُظْهِر ميلو وزملاؤه[1] أن الحويصلات الموجودة خارج الخلية، المعزولة عن مجرى دم المرضى المصابين بإصابات بنكرياسية محتملة التسرطن، أو بسرطان بنكرياسي، تحتوي على البروتيوجليكان GPC1 المثبت في الغشاء، في حين لا يوجد هذا الجزيء بمعدلات تتجاوز المعدلات الطبيعية في الحويصلات الموجودة في دم الأشخاص المصابين بإصابات بنكرياسية غير سرطانية، أو لدى المتبرعين الأصحاء.

إن الحويصلات الموجودة في سوائل الجسم، التي تُعرف باسم "حويصلات خارج الخلية" (EVs)، أو "إكسوسومات"، كما يسميها ميلو وزملاؤه، خضعت للبحث كواسمات حيوية محتملة لأمراض متنوعة على مدار عقد من الزمن[5-7]، ولكن حتى الآن، لوحظ التعبير المتزايد للجسيمات الخارجية، أو واسماتها، إما في مرحلة المرض المتقدمة فقط، أو بعد (وليس قبل) تقدُّم[8] الورم الواضح، أو دون دلالة إحصائية[9]. وكانت تحليلات الجسيمات الخارجية التي نُشرت مؤخرًا، والمأخوذة من دم المرضى الذين يعانون من سرطان الرئة[10] أو البنكرياس[11]، قد كشفت عن السرطان بنوعية، بلغت 75%، و93% لكل منهما. وعلى التوازي، عمدت الدراسات إلى قياس التعبير عن توليفة من 30 بروتينًا من البروتينات على شريحة مصفوفات مجهرية، أو 5 بروتينات و4 جزيئات من الحمض الريبي الميكروي. وتُعَدّ هذه الاختبارات أقل مصداقية، وأكثر تعقيدًا من اختبار ميلو وزملائه، الذي يتضمن الكشف عن جزيء واحد وتقنيات تقليدية.

يستخدم بروتوكول المؤلفين تنبيذًا فائقًا طويلًا لكميات صغيرة من المصل، ويطلي الحبيبات بالمادة الحبيبية الناتجة، ثم يلطخ الحبيبات بالجسم المضاد النوعي لـGPC1، قبل تحليلها بواسطة عداد التدفق. إن أجهزة التنبيذ الفائق وتعداد التدفق واسعة الانتشار، وسهلة الاستخدام، مما يشير إلى أنه يمكن تطبيق هذا البروتوكول في المختبرات الإكلينيكية، كإجراء روتيني لتقييم المرضى الذين تظهر عليهم أعراض مرض البنكرياس. كما يُظْهِر الباحثون أن الحبيبات التي استحوذت على حويصلات GPC1 تحتوي على الحمض الريبي المرسال الطافر، معبّرًا عنه في الورم، مما قد يسمح بمواصلة استكشاف خصائص الورم.

وفي ملاحظة مخيبة للآمال بعض الشيء، يبدو أن هذا الاختبار ليس مجديًا في أنواع أخرى من السرطان غير سرطان البنكرياس. وعلى الرغم من أن تحديد الباحثين لـGPC1 كبروتين نوعي للسرطان، يُفرز في الجسيمات الخارجية، قد انطوى على مقارنة خطوط الخلايا السرطانية وغير السرطانية الناشئة من الثدي، فإن التعبير عن GPC1 في الحويصلات لم يتمكن بشكل دقيق من تحديد المرضى المصابين بسرطان الثدي، ولم يسمح بتعيين المرضى ضمن نمط فرعي محدد من سرطان الثدي. ومع ذلك.. قد يتطلب التعبير عن GPC1 في سرطان الثدي المزيد من الاستكشاف، فقد لاحظتُ أن من بين هؤلاء المرضى الذين أظهرت حويصلات خارج الخلية في دمائهم تعبيرًا عن الـGPC1، كانت هناك مجموعتان متميزتان، إحداهما ذات عدد مرتفع من حويصلات GPC1، واحتوت الأخرى على عدد متوسط. لم يناقش المؤلفون هذه الملاحظة، لكنني أتساءل عمّا إذا كان بوسع عدد حويصلات GPC1 الدائرة خارج الخلية تقديم معلومات إضافية تشخيصية أو منذرة، أم لا.

أخيرًا، أودّ تكريس بعض الكلمات لتعبير "الجسيم الخارجي"، فقد استُخدم لأول مرة في سياق الحويصلات في عام 1981 لوصف البِنَى المحاطة بالغشاء، ذات الأحجام المتباينة (بقُطْر قدره إمّا 40 نانومترًا، أو 500–1,000 نانومتر) التي تم "تقشيرها" عن سطح الخلايا المستنبَتة[12]، ثم اقتُرح المصطلح نفسه في عام 1987 للحويصلات الصغيرة (بحجم 50-100 نانومتر) تشكّل في حاويات داخل الخلية تُسمّى إندوسومات (جسيمات داخلية)، وتطلق الحويصلات إلى خارج الخلية عندما تندمج الحاويات مع الغشاء الخارجي[13]. دَعَّمت مجموعات بحثية عديدة ـ بما فيها مجموعتي ـ هذا الاستخدام الأخير، ولكن مع تزايد الاهتمام بالحويصلات الموجودة خارج الخلية، بدأ تداول تعبير "الجسيم الخارجي" للإشارة إلى الحويصلات الصغيرة، دون أن تُظْهِر أنها تنشأ من الجسيمات الداخلية، لا غشاء الخلية[14].

وقد تم استرجاع الحويصلات التي استخدمها ميلو وزملاؤه للاختبارات التشخيصية المستندة إلى GPC1 من حبيبة ناتجة عن تنبيذ فائق، تحتوي على الجسيمات الخارجية، بالإضافة إلى أنواع أخرى من الحويصلات الصغيرة الموجودة خارج الخلية، والبروتينات الدهنية، وحتى مركّبات البروتينات والأحماض النووية. ونظرًا إلى أن بروتين GPC1 يرتكز في الغشاء، فمن المحتمل أن يتم استرجاعه في حويصلات خارج الخلية، لكن لا يُظْهِر الباحثون أصل الحويصلات ذات القيمة التشخيصية. ربما يسهم بحث ميلو وزملائه في ازدياد شعبية تعبير "الجسيم الخارجي"، وتعميم استخدامه على أي نوع من الحويصلات الصغيرة الموجودة خارج الخلية، وهو ما لا يستطيع الأصوليون ـ من أمثالي ـ عمل الكثير حياله. ومع ذلك كله.. لا تؤثر حقيقة أن منشأ الـGCP1 الدائر هو من داخل الخلية في استخدامه في اختبار تشخيصي، وينبغي ألا تتدخل قضية الدلالة مع نشر هذه النتائج المهمة إكلينيكيًّا. ■

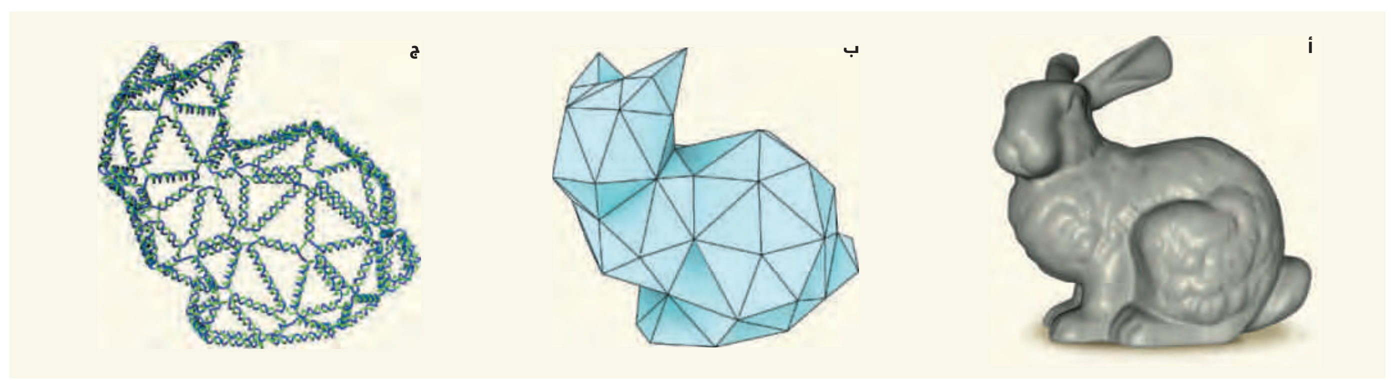
كلوتيلد تيري من فريق الجسيمات الخارجية ونموّ الورم، وحدة المناعة والسرطان، معهد كوري، 75249، باريس، سدكس 05، فرنسا.
البريد الإلكتروني: clotilde.thery@curie.fr

1. Melo, S. A. *et al. Nature* **523,** 177–182 (2015).
2. Kleeff, J. *et al. J. Clin. Invest.* **102,** 1662–1673 (1998).
3. Aikawa, T. *et al. J. Clin. Invest.* **118,** 89–99 (2008).
4. Whipple, C. A., Young, A. L. & Korc, M. *Oncogene* **31,** 2535–2544 (2012).
5. Kim, J. W. *et al. Clin. Cancer Res.* **11,** 1010–1020 (2005).
6. Zhou, H. *et al. Kidney Int.* **70,** 1847–1857 (2006).
7. Skog, J. *et al. Nature Cell Biol.* **10,** 1470–1476 (2008).
8. Peinado, H. *et al. Nature Med.* **18,** 883–891 (2012).
9. Logozzi, M. *et al. PLoS ONE* **4,** e5219 (2009).
10. Jakobsen, K. R. *et al. J. Extracell. Vesicles* **4,** 26659 (2015).
11. Madhavan, B. *et al. Int. J. Cancer* **136,** 2616–2627 (2015).
12. Trams, E. G., Lauter, C. J., Salem, N. Jr & Heine, U. *Biochim. Biophys. Acta* **645,** 63–70 (1981).
13. Johnstone, R. M., Adam, M., Hammond, J. R., Orr, L. & Turbide, C. *J. Biol. Chem.* **262,** 9412–9420 (1987).
14. Gould, S. J. & Raposo, G. *J. Extracell. Vesicles* **2,** 20389 (2013).

تكنولوجيا نانوية

مُستكشِف تركيبات الحمض النووي

طريقة فعالة لبناء أغراض من الحمض النووي بمقياس نانوي، تعتمد تمثيلات الأسطح ثلاثية الأبعاد المُستخدَمة في رسوم الحاسوب كقوالب، وتخفّض الحواجز أمام تطبيقات تقنية الحمض النووي النانوية.



الشكل 1 | أرنب ستانفورد في المقياس النانوي. أ. مسح لتمثال أرنب من السيراميك، المعروف باسم "أرنب ستانفورد"، الذي يُستخدم على نطاق واسع كنموذج اختبار لرسوم الحاسوب ثلاثية الأبعاد. **ب.** استخدم بنسون وزملاؤه[1] أرنب ستانفورد كإثبات لمبدأ طريقتهم في تصميم وتجهيز أغراض في مقياس نانوي باستخدام الحمض النووي. أولًا، استخدموا برنامجًا للتصميم بمساعدة الحاسوب؛ من أجل توليد شبكة مضلّعة للأرنب. **ج.** قاموا بعد ذلك باستخدام خوارزمية، لحساب كيفية تتبُّع الشبكة بواسطة سلسلة من الحمض النووي، بحيث يتم تجميع الشكل ثلاثي الأبعاد ذاتيًّا من السلسلة في وجود جزيئات قصيرة من الحمض النووي المصمَّمة خصيصًا لهذا الغرض.

تيم لايدل

في حين أن التجميع الذاتي لجزيئات الحمض النووي قد برز كأسلوب رائد في تصنيع الأغراض ذات الأبعاد النانوية، هناك حاجة إلى أساليب جديدة من أجل تبسيط عملية تصميم وإنتاج أشكال أكبر ذات بِنَى معقدة. يصف بنسون وزملاؤه[1] أحد هذه الأساليب، ويدمج أسلوبهم مسألة رياضية تبلغ من العُمر قرونًا مع مبدأ تصميمي يستغل عملية تصيير الأغراض ثلاثية الأبعاد في رسوم الحاسوب.

بُنِيَ مركز المدينة التاريخية كونيجسبرج (التي تسمى اليوم كالينينجراد) فوق وحول جزيرة في مصب نهر بريجل، بين اثنين من تفريعاته، وهناك تصل سبعة جسور بين الجزيرة والأجزاء الثلاثة المحيطة بالمدينة. فقد ظهرت في أوائل القرن الثامن عشر مسألة رياضية أصبحت معروفة باسم (جسور كونيجسبرج السبعة)، وهي: هل من الممكن التوصل إلى مسار مغلق يمر بالأجزاء الأربعة من المدينة، ويتم فيه عبور كل جسر مرة واحدة فقط؟

لحل هذه المسألة، قام ليونارد أويلر ببناء تمثيل مُجرّد للمدينة، يتألف من قمم (تمثل أجزاء المدينة) تتصل ببعضها البعض بواسطة حواف (تمثل الجسور). وبهذه الطريقة أثبت بصورة قاطعة غياب أي حل للمسألة. كما توصّل أيضًا إلى قاعدة بسيطة تصف بصورة عامة المسارات المغلقة كتلك الخاصة بكونيجسبرج، التي تُعرف الآن باسم "الدوائر الأويلرية"، وتوجد تلك المسارات فقط إذا كانت درجة كل قمة من القمم (أو عدد الحواف التي تلامسها) زوجية[2]. وفي هذا العمل المبتكر، لم يضع أويلر أساسات الدراسات الطوبوغرافية فقط، بل وضع أيضًا أساسات مجال نظريّة المخططات، الذي يلعب دورًا مركزيًّا في علوم الحاسب الحديثة.

عندما بدأ بنسون وزملاؤه العمل على تجميع سطوح عشوائية ثلاثية الأبعاد من الحمض النووي، قابلتهم مشكلة دائرة أويلرية خاصة. كانت فكرتهم هي إيجاد طريقة لمرور سلسلة واحدة من الحمض النووي (بطول 8,000 قاعدة تقريبًا) على جميع حواف الشبكات المضلعة التي تكون سطوح رسوم الحاسوب ثلاثية الأبعاد، مما سيوفر سقالة لبناء أي شيء من سلسلة الحمض النووي، طالما أنه يمكن إنشاء شبكة مُضَلَّعة تصف شكله.

من أجل اختبار فكرتهم، قام المؤلفون باختبار سبعة أشكال متعددة السطوح، تتفاوت في درجة التعقيد، ما بين كرة بسيطة، وما يسمى "أرنب ستانفورد"[3] المعقّد، وهو نموذج اختباري يُستخدم على نطاق واسع في رسوم الحاسوب، ويعتمد على مسح ثلاثي الأبعاد لتمثال أرنب من السيراميك (شكل 1). وبمساعدة خوارزمية، قاموا بالبحث في الشبكات المضلّعة لكل شكل عن الدوائر الأويلرية المعروفة باسم مسارات-أ، التي تمر على كل حواف الشبكة، دون أن تتقاطع مع نفسها. وفي حال تعذُّر العثور على أي من هذه المسارات، تقوم الخوارزمية بإضافة أقل عدد ممكن من الحواف المُساعِدة؛ لاستيفاء شروط أويلر الخاصة بوجود قمم ذات درجات زوجية فقط في الشبكة. ومن ثم، يقوم البرنامج بتثبيت المسارات المكتملة إلى جانب تتابع سلسلة الحمض النووي.

كانت المهمة الأخيرة هي تحديد عدد من الأوليجونوكليوتيدات (جزيئات قصيرة من الحمض النووي) التي يتكامل تسلسل القواعد الخاصة بها مع قواعد امتداد تسلسل السقالة الطويل، وذلك لضمان أن السلسلة المُفردة تُطوَى بالشكل المرغوب بواسطة التشكيل المزدوج للحمض النووي. وتكمل تلك الأوليجونوكليوتيدات أيضًا جميع القمم عن طريق ربط الحواف المجاورة، في حال كونها غير متصلة بالفعل عن طريق السقالة نفسها. ومن حيث المبدأ، يسمح هذا الأسلوب بتصميم وتصنيع أي شكل يمكن تقريبه، من خلال شبكة مضلَّعة.

الأمر الجيد هو أن غالبية أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب تقدِّم مثل هذه الشبكات المضلَّعة، التي تتألف عادةً من مثلثات، وهو أمر مفيد، حيث إن الأطر المثلثية تُعَدّ صلبة من الناحية النظرية، إذا ما بُنِيَت من عناصر صلبة. ومن الممكن اعتبار الحمض النووي المزدوج صلبًا في المقياس النانوي. ولذا.. لاحظ المؤلفون أن أنظمة الحمض النووي التي تم تصميمها قوية بما يكفي لاتخاذ الأشكال المرغوبة عن طريق التجميع الذاتي. ويمكن رؤية الأشكال بوضوح تحت المجهر الإلكتروني (انظر الشكل رقم 2 في المرجع 1).

ولأنّ الهياكل المضلعة تقرّب فقط أسطح الأشكال المستهدفة، فالأغراض التي تم إنتاجها بواسطة بنسون وزملائه مجوّفة، مما يتيح مجالًا لتحسين الاستقرار الهيكلي للأغراض، عن طريق إضافة سلاسل مزدوجة ومُثبِّتة، على سبيل المثال، تغطي الأسطح بداخل كل غرض. وبالرغم من ذلك.. ينتج الأسلوب الذي يطرحه المؤلفون أغراضًا أكبر من تلك التي يُحصل عليها بتقنية تُسمى "أوريجامي الحمض النووي" ـ وهي تقنية تُستخدم على نطاق واسع، يتم فيها ملء أشكال ثنائية وثلاثية[4,5] الأبعاد بحلزونات متوازية من الحمض النووي ـ على الرغم من أنها تستخدم الكمية نفسها من الحمض النووي.

هناك ميزة أخرى للهياكل المضلَّعة الخاصة ببنسون وزملائه، هي أنها تظل مستقرة تحت الظروف الفسيولوجية، ويتيح ذلك استخدامها الفوري في التجارب الأحيائية المعملية. فعلى سبيل المثال.. تمت دراسة[6] إمكانية استخدام هياكل نانوية من الحمض النووي كعوامل تتفاعل مع الخلايا الحية، وكوسائل محتملة لتوصيل الدواء. ولمنعها من التحلل في التجارب المعملية المستقبلية، يمكن لهذه الهياكل الاستفادة من الطلاءات الملائمة حيويًّا، مثل الدهن ثنائي الطبقات[7].

ليست هذه هي الدراسة الأولى التي تقدم شبكات مضلَّعة مصنوعة من الحمض النووي، فقد أنتجت عقودٌ

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

من البحوث العشرات من الطرق لبناء هياكل متعددة الأسطح، وهياكل ذات أطر سلكية بالاعتماد على الحمض النووي[8-13]، لكن يمكن القول إنّ العمل الحالي يقدم طريقة التصميم الأكثر تنوعًا وانسيابية. وبمساعدة برنامج "في هيليكس" vHelix، الذي طُوِّر كذلك في مختبر هوجبرج، وتم إطلاقه بالتزامن مع نشر هذا البحث (.www.vhelix net)، يمكن من حيث المبدأ لأي شخص أن يصمم أي شكل ويعدل حجم الشبكة المضلّعة لتتناسب مع الطول المتاح لسلسلة السقالة، ثم الحصول على قائمة بتتابع الأوليجونوكليوتيدات التي يمكن طلبها من منشأة متخصصة بتصنيع الحمض النووي.

يمكن للمجالات البحثية أن تزدهر عندما يكون حاجز الدخول منخفضًا بما يكفي ليسمح للقادمين الجدد بالدخول واستخدام الأدوات والطرق الجديدة. ولأن تقنية الحمض النووي النانوية قد تشابكت عبر التاريخ مع علوم الحاسوب، هناك مجموعة ممتازة من البرمجيات المتوفرة بالفعل لمساعدة الباحثين في تصميم واختبار هياكل الحمض النووي للعديد من التطبيقات المتنوعة، مثل شبكات التفاعل الكيميائي، والأجهزة الضوئية، وتوصيل الأدوية، على سبيل المثال، لا الحصر. وسيثري برنامج "في هيليكس" تلك المجموعة، كما سيلهم عالم الأبحاث بجلبه لحلم الطباعة ثلاثية الأبعاد على المقياس النانوي أقرب إلى الواقع. ■

تيم لايدل يعمل في قسم الفيزياء، جامعة لودفيج-ماكسيميليانس، ميونيخ 80539، ألمانيا.
البريد الإلكتروني: tim.liedl@physik.lmu.de

1. Benson, E. *et al. Nature* **523,** 441–444 (2015).
2. Euler, L. *Commentarii academiae scientiarum imperialis Petropolitanae* **8,** 128–140 (1741).
3. Turk, G. & Levoy, M. *Proc. SIGGRAPH '94* 311–318 (1994).
4. Rothemund, P. W. K. *Nature* **440,** 297–302 (2006).
5. Douglas, S. M. *et al. Nature* **459,** 414–418 (2009).
6. Douglas, S. M., Bachelet, I. & Chirch, G. M. *Science* **335,** 831–834 (2012).
7. Perrault, S. D. & Shi, W. M. *ACS Nano* **8,** 5132–5140 (2014).
8. Chen, J. & Seeman, N. C. *Nature* **350,** 631–633 (1991).
9. Shih, W. M., Quispe, J. D. & Joyce, G. F. *Nature* **427,** 618–621 (2004).
10. Goodman, R. P. *et al. Science* **310,** 1661–1665 (2005).
11. He, Y. *et al. Nature* **452,** 198–201 (2008).
12. Han, D. *et al. Science* **339,** 1412–1415 (2013).
13. Simmel, S. S., Nickels, P. C. & Liedl, T. *Acc. Chem. Res.* **47,** 1691–1699 (2014).

داء السكري

لاصقة الإنسولين الذكية

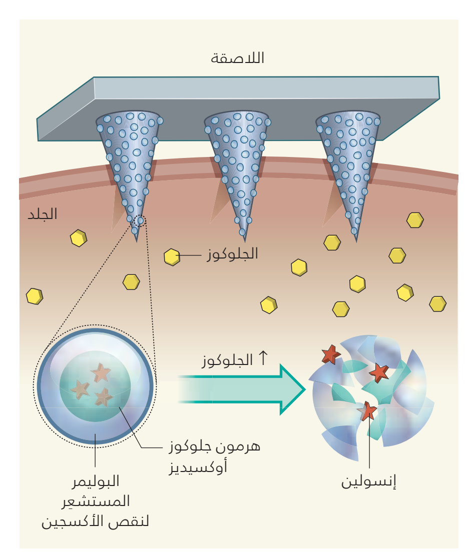
تم تصميم لاصقة تحتوي على إبر مجهرية لاستشعار مستويات السكر المرتفعة في الدم، والاستجابة عن طريق إفراز الإنسولين، مما يقدم للمصابين بالسكري وسيلة أقل إيلامًا، ويمكن الوثوق بها؛ للتحكم في مستويات السكر لديهم.

أوميد فيسيه، وروبرت لانجر

يُعتبر مرض السكري واحدًا من أكبر التحديات الطبية في القرن الواحد والعشرين، حيث يعاني منه أكثر من 280 مليون شخص على مستوى العالم[1]. ويجب على كل من هؤلاء مراقبة مستويات السكر في الدم لديهم، وحقن الجرعة الصحيحة من هرمون الإنسولين الخافض للجلوكوز؛ للحفاظ على مستويات السكر في معدلها الطبيعي[2]، لكن طريقة المعالجة تلك تشمل العديد من التحديات، فهي تتطلب حَقْنًا مؤلمًا ومزعجًا تحت الجلد، إضافة إلى أنها غير دقيقة، ويمكن أن تسبب مشكلات خطيرة، إذا لم يتم ضبط جرعة الإنسولين، حسب الاحتياجات الفسيولوجية الضرورية للمريض[3]. فقد قام يو وزملاؤه[4] في بحثهم المنشور في دورية "أعمال الأكاديمية الوطنية للعلوم" بوصف لاصقة تحتوي على إبرة مجهرية تستجيب للجلوكوز، يمكن وضعها ـ من دون ألم ـ على الجلد؛ فتطلق الإنسولين عند ارتفاع مستويات السكر في الدم.

إن العلاجات "الذكية" المعتمدة على الإنسولين تعتمد على الإفراج التلقائي للهرمون، استجابةً للزيادة في نِسَب السكر في الدم، ويمكنها أن تحسّن التحكم في المرض، والحدّ من احتمالات انخفاض مستويات الجلوكوز بشكل مفرط، وهو التأثير القاتل لجرعات الإنسولين الزائدة[3]. ولإشباع الاحتياجات الفسيولوجية للمريض، يجب على مثل هذه العلاجات أن تستجيب بسرعة لمستويات الجلوكوز المرتفعة، وأن تُطلِق الإنسولين بحركة تماثل ما يحدث في البنكرياس السليم.

يَستخدم أحد هذه العلاجات الذكية نُظُمًا لإيصال الإنسولين، يتم التحكم فيها عن طريق حاسب آلي صغير، حيث يوصل تلك النظم مراقب مستمر لمستوى الجلوكوز (CGMS)، قابل للزراعة في الجسم بمضخات آلية، تُطلِق الإنسولين عن طريق إبرة حقن مزروعة تحت الجلد. ويجري حاليًّا تقييم هذه الأجهزة إكلينيكيًّا، حيث أظهرت نتائج إيجابية في مساعدة المرضى على ضبط مستوى السكر لديهم بشكل أكثر انتظامًا[5,6]، إلا أن أجهزة استشعار المراقب المستخدَم حاليًا تحتاج معايرة عدة مرات في اليوم باستخدام جهاز محمول لقياس الجلوكوز، يعطي قياسات متأخرة بـ5-15 دقيقة، مما يعرقل جهود الحفاظ على المستويات الطبيعية[3].



الشكل 1 | لاصقة الإبَر المجهرية، لمراقبة مستويات الجلوكوز، وإفراز الإنسولين. صَمَّم يو وزملاؤه[4] لاصقة ذكية لإفراز الإنسولين، مصنوعة من 121 إبرة مجهرية، تحتوي على جسيمات نانوية. تخترق اللاصقة السائل الموجود بين الخلايا تحت الجلد، من دون ألم. وتحتوي الجسيمات النانوية في كل إبرة على الإنسولين، وإنزيم الجلوكوز أوكسيديز المستشعِر للجلوكوز، الذي يحوِّل الجلوكوز إلى حمض الجلوكونيك، كما تحاط هذه الجزيئات بالبوليمر المستشعِر لنقص الأكسجين. يؤدي ارتفاع تركيز الجلوكوز إلى زيادة نشاط الجلوكوز أوكسيديز، الأمر الذي يؤدي بدوره إلى خَلْق بيئة منخفضة الأكسجين في الجسيمات النانوية، التي يستشعرها البوليمر؛ مما يؤدي إلى تفككها، وإطلاق الإنسولين.

كما أن حجمها يماثل حجم جهاز الاستدعاء الصغير، وتزيد أجهزة الاستشعار وإبرة الحقن من خطر الإصابة بالالتهابات، كما تتطلب صيانة متكررة واستبدالات لمكافحة استجابة المناعة في الجسم، مما يقلل من راحة المريض، ويزيد التكلفة التي يتحملها[3].

إن جهاز لاصقة الإبَر المجهرية ـ الذي طوّره يو وزملاؤه ـ هو بمثابة نظام مكوَّن من 121 إبرة مخروطية في مساحة 6 مليِّمترات مربعة، يبلغ قطر كل واحدة منها 300 ميكرومتر عند القاعدة، و10 عند القمة، ويبلغ ارتفاعها 600ميكرومتر. تحتوي الإبر على جسيمات نانوية، مصمَّمة من قِبَل المؤلفين، تتكون من ثلاثة عناصر: الإنسولين، وإنزيم الجلوكوز أوكسيديز (الذي يستهلك الأكسجين؛ ليحوِّل الجلوكوز إلى حمض الجلوكونيك)، وبوليمر محيط يتفكك في البيئات منخفضة الأكسجين. في هذا النظام، يعمل الجلوكوز أوكسيديز كجهاز استشعار للجلوكوز، بينما يعمل البوليمر كمحرِّك لإفراز الإنسولين.

وعندما يتم وضع اللاصقة، تغطس الإبر المجهرية في السائل الموجود بين الخلايا تحت الجلد. وتُعَدّ نظرية العمل على النحو التالي: مع ارتفاع مستويات السكر في الدم، يزداد النشاط الإنزيمي للجلوكوز أوكسيديز، مما يؤدي إلى خلق بيئة خالية من الأكسجين داخل الجسيمات النانوية، مما يتسبب في تفكك الجسيمات النانوية، وإطلاق الإنسولين (الشكل 1). وباستخدام هذا النهج الكيميائي، يأمل المؤلفون إلى الوصول إلى أوقات استجابة سريعة، وحركة إطلاق للإنسولين، مِن شأنها أن تلبِّي ـ على نحو أفضل ـ حاجة المريض إلى الإنسولين.

أثبت يو وزملاؤه أن هذه اللاصقات تُطلق الإنسولين بطريقة ذكية تستجيب لتركيز الجلوكوز، مع آلية عمل يمكن تعديلها عن طريق تغيير تركيز هرمون الجلوكوز أوكسيديز المحمَّل على الإبر المجهرية. ووجد الباحثون في تجارب على الجسم الحي ـ باستخدام فئران تعاني من مرض السكري ـ أن اللاصقة الواحدة يمكن أن تنظم مستويات السكر في الدم على نحو فعال، كما أنه عندما أُعطيت الحيوانات جرعات زائدة من الجلوكوز، استجابت اللاصقة على النحو المتوقع، حيث أطلقت الإنسولين، وخفضت مستويات الجلوكوز إلى المستوى الطبيعي. والأهم من ذلك.. أنه بمجرد الوصول إلى المستويات الطبيعية، توقفت اللاصقة عن إطلاق الإنسولين، مما يقلل المخاطر المحتملة من الانخفاض المفرط للجلوكوز. وأخيرًا، من خلال الاستعمال المتكرر للاصقات، توصَّل المؤلفون إلى تصحيح طويل الأمد لتركيز الجلوكوز في الفئران المصابة بالسكري.

وتُعتبر اللاصقات ذات الإبر المجهرية بديلًا جذابًا لأي

علاج يعتمد على الحقن[7]. يَدرِس الباحثون حاليًّا إمكانية استخدام مثل تلك اللاصقات؛ لإعطاء التطعيمات، وللعلاج الجيني، ولتقديم الهرمونات الأخرى التي تتطلب أن يتم تناولها بانتظام، لكن الابتكار في عمل يو وزملائه يكمن في القدرة على إفراز الإنسولين من الإبَر المجهرية بطريقة تعتمد على تركيز الجلوكوز في الدم. ولذلك.. فهناك حاجة إلى إتمام التجارب على الحيوانات الأكبر، وتحليلات أكثر تفصيلًا حول حركة إطلاق الإنسولين باستخدام هذه التقنية، لتحديد مدى جدوى استخدام هذه الطريقة إكلينيكيًّا. وقبل أن يتمكن المرضى من استخدام اللاصقات، سيكون من الضروري تقييم التفاعلات المناعية المحتملة، التي قد تحدث ردًّا على التعرض المتكرر لمختلف مكونات هذه اللاصقات. ومع ذلك.. تقدم تلك التقنية طريقة واعدة لتطوير نظم إطلاق الإنسولين، اعتمادًا على تركيز الجلوكوز.

وبما أنه لا يوجد حاليًّا أي علاج لمرض السكري، فإن تقنيات مثل التي يقدمها يو وزملاؤه تُعتبر ضرورية، حيث تساعِد مرضى السكري على التحكم بأعراض مرضهم بشكل أكثر أمانًا وسهولة. كما أن هناك طرقًا أخرى قيد البحث، تعتمد على استبدال أو تجديد خلايا بيتا في البنكرياس، التي تستجيب للجلوكوز، وتفرز الإنسولين للحفاظ على مستويات السكر الطبيعية في الدم[8]. وتبشر هذه الاستراتيجيات بشفاء كامل من مرض السكري. وقد تم إحراز تقدُّم كبير في عملية استبدال خلايا بيتا، والتقنيات التي من شأنها أن تمكِّن زَرْعها بشكل آمِن وفعّال في المرضى. وعلى الرغم من هذا التقدم، ما زال الشفاء بعيد المنال، وربما يحتاج إلى سنوات. وفي غضون ذلك.. مِن المؤكد أن المرضى سيرحِّبون بوسيلة آمِنة وفعّالة وغير مؤلمة؛ للتحكم في مرضهم. ■

أوميد فيسيه، و**روبرت لانجر** يعملان في قسم الهندسة الكيميائية، ومعهد ديفيد إتش كوخ لأبحاث السرطان التكاملية، معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، كمبريدج، ماساتشوستس 02139، الولايات المتحدة الأمريكية، كما يعملان في قسم التخدير بمستشفى الأطفال في بوسطن، بوسطن، ماساتشوستس.
البريد الإلكتروني: rlanger@mit.edu، veiseho@mit.edu

1. Shaw, J. E., Sicree, R. A. & Zimmet, P. Z. *Diabetes Res. Clin. Pract.* **87,** 4–14 (2010).
2. American Diabetes Association. *Diabetes Care* **36** (Suppl. 1), S11–S66 (2013).
3. Veiseh, O., Tang, B. C., Whitehead, K. A., Anderson, D. G. & Langer, R. *Nature Rev. Drug Discov.* **14,** 45–57 (2015).
4. Yu, J. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **112,** 8260–8265 (2015).
5. Russell, S. J. *et al. N. Engl. J. Med.* **371,** 313–325 (2014).
6. Skyler, J. S. *Nature Rev. Endocrinol.* **11,** 75–76 (2015).
7. Schoellhammer, C. M., Blankschtein, D. & Langer, R. *Expert Opin. Drug Deliv.* **11,** 393–407 (2014).
8. Dolgin, E. *Nature Med.* **20,** 9–11 (2014).

منتدى النقاش الأحياء التطورية

أنابيب نانوية في محيط الخلايا

يمكن للنتوءات أن تمتد في ذباب الفاكهة من الخلايا الجذعية في الخصيتين إلى خلايا المركز التنظيمي، حيث تؤثر على الإشارات بين الخلايا، وعملية الحفاظ على الخلايا الجذعية. ونعرض هنا الآثار المترتبة على هذه النتيجة من منظورين.

ملخص الموضوع

- تنقسم الخلايا الجذعية للخط الجنسي ـ التي تؤدي إلى الحيوانات المنوية ـ بشكل غير متناظر في خصيتي ذبابة الفاكهة.
- تحتفظ إحدى الخليتين الوليدتين بهوية الخلايا الجذعية، وتظل متصلة بكتلة من الخلايا المجاورة، تُسمى "المركز"، في حين تنزاح الخلية الأخرى وتتمايز.
- يفرز المركز بروتين Dpp، وهو أحد بروتينات مجموعة BMP، حيث يبعث الإشارات، وينظم عملية الحفاظ على الخلايا الجذعية للخط الجنسي، ولكن ما زالت الآلية التي يتم من خلالها منع هذه الإشارات من التأثير على الخلايا الوليدة المتميزة غير واضحة حتى الآن.
- أثبت إينابا وزملاؤه[1] أن الخلايا الجذعية للخط الجنسي تشكل نتوءات، يُطلق عليها اسم (الأنابيب النانوية القائمة على أنابيب دقيقة)، وهي تمتد إلى المركز، وتتوسط التفاعل بين Dpp في المركز، والبروتينات المستقبلة في الخلايا الجذعية للخط الجنسي (الشكل 1).

لقاءات قريبة

توماس بي. كورنبيرج

إن التطور ليس عملية ديمقراطية، فبينما ترتب الخلايا نفسها في أنماط وهياكل معقدة، يقوم بعضها بدور المديرين، والبعض الآخر بدور العملاء، وهو المبدأ الذي كشف عنه لأول مرة منذ أكثر من 100 عام في دراسة[2] عن عملية التجدد في حيوان المياه العذبة *Hydra*، وهي النظرية التي عُمِّمت من خلال العمل على تطور البرمائيات[3]. وأظهرت هذه الدراسات المبكرة أن هناك خلايا (تمثل الإدارة) ليست قادرة فقط على تذكر أصولها عند زرعها في مواقع غير طبيعية في الجنين، ولكنها تستطيع أيضًا إقناع الخلايا المضيفة المجاورة (التي تمثل العملاء) بالانضمام إليها، وخلق الهياكل من ذلك الأصل. وأدَّى ذلك إلى فكرة أن التأشير بين الخلايا على مسافات قصيرة يلعب دورًا رئيسًا في عملية التطور. وكانت كيفية نقل إشارات نظير الصماوي موضوعًا للدراسة منذ فترة طويلة، وهو ما يحاول إينابا وزملاؤه الكشف عنه في الخلايا الجذعية للخط الجنسي GSCs في خصيتي ذبابة الفاكهة.

يُعتبر محيط الخلايا الجذعية للخط الجنسي بيئة ممتازة لدراسة كيفية تحرك إشارات نظير الصماوي من المديرين إلى العملاء، وكيفية انتقاء الإشارات للأهداف المقصودة، حيث إن انتقاء إشارات بروتين Dpp الموجهة إلى الخلايا الجذعية هو خاصية مهمة للتأكد من أن هناك خلايا تستطيع أن تجدد نفسها، والبعض الآخر منها يتحول إلى حيوانات منوية. وأوضح إينابا وزملاؤه أن تلك الخلايا تصنع أنابيب نانوية قائمة على أنابيب دقيقة، تمتد إلى داخل المركز؛ لالتقاط بروتين Dpp، على ما يبدو، ولا يوجد أي تأشير للبروتين أو التجديد الذاتي في الخلايا الجذعية التي تحتوي على أنابيب نانوية معيبة، مما يشير إلى أن هذه الخلايا تحتاج إلى التقاط بروتين DPP مباشرة. لذا.. تبادل البروتينات الذي يحدث بمساعدة الأنابيب النانوية يضمن أن إشارات بروتين Dpp تستهدف الخلايا الجذعية فقط.

لا يقتصر هذا النقل المباشر لبروتينات الإشارات بين الخلايا على الخلايا الجذعية، فالواقع أن ذلك قد يمثل وسيلة شائعة في إشارات النظير الصماوي. وقد أشارت نتائج عدة مجموعات بحثية[8-4] إلى أن إشارات النظير الصماوي يمكن أن تنتقل عن طريق نتوءات خلوية cytonemes، وهي هياكل تتكون أساسًا من البروتين الهيكلي أكتين. وتُنسب هذه النتوءات إلى مجموعة من النتوءات الهيولية، تُسمى الأرجل الخيطية، وقد ثبت أنها تنقل مجموعة من بروتينات إشارات نظير الصماوي، مثل بروتين Dpp، و"هيدجيهوج"، وعامل نمو الخلايا الليفية، وبروتينات "وينجليس" في ذبابة الفاكهة[6-4]، بالإضافة إلى "سونك هيدجيهوج"، الذي يظهر في أطراف الأفراخ وقت تطورها[7]، وبروتين Wnt الذي يظهر في أجنة سمك الزرد وقت تطورها[8]. وتُعَدّ عمليات النقل والتبادل تلك التي تحدث عن طريق النتوءات الخلوية مماثلة لتلك التي ذكرت في الدراسة الحالية.

يمكن لهذه النتوءات الناتجة عن التأشير أن تكون قصيرة أو طويلة، مكونةً من خيوط الأكتين، أو الأنابيب الدقيقة، ويمكن أن تمتد من المدير إلى العميل، أو العكس، ولكن في جميع الحالات المدروسة، يتم تبادل بروتينات الإشارات بين النتوء والخلية المستهدَفة. ويبدو من خلال ذلك أن عِلْم الأحياء أوجد مجموعة متنوعة من التركيبات لنقل الإشارات بين الخلايا، عن طريق هذه الآلية الأساسية. وسوف تكشف السنوات القادمة كيف تحدد هذه التركيبات أهدافها،

وتجري اتصالات عملية معها، وكيف يتم نقل الإشارات، وإرسالها، واستقبالها. ■

توماس بي. كورنبيرج معهد بحوث القلب والأوعية الدموية، جامعة كاليفورنيا، سان فرانسيسكو، سان فرانسيسكو، كاليفورنيا 94143، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: tkornberg@ucsf.edu

اللجوء إلى التجديد الذاتي

ليلاش جلبوا

للحفاظ على سلامة الأنسجة، يجب على الخلايا الجذعية أن تحقق التوازن بين مصيرين، هما التجديد الذاتي، والتمايز، ويحدد القرب من المركز ـ الذي هو مصدر عامل التجديد الذاتي Dpp[9]، هذا التوازن في خصيتي ذبابة الفاكهة. وقد تساءل الكثيرون عن كيفية تحجيم انتشار Dpp من المركز، لخلق التركيز المتدرج الحاد الذي يميز التجديد الذاتي عن التمايز عبر قطر خلية واحدة. تشير أعمال إينابا وزملائه إلى أن مصير نسل الخلايا الجذعية لا يتم تحديده عن طريق انتشار Dpp خارج الخلية، على النحو المفترض، ولكن من خلال قدرة تلك الخلايا على الوصول مباشرة إلى Dpp في مصدره. ويتطلب هذا التغير في المفهوم إعادة النظر في العموم لكيفية تأثير مكونات المحيط على التجديد الذاتي للخلايا الجذعية.

يذكر إينابا وزملاؤه أن مستقبلات بروتين Dpp تتركز في نقاط ومجموعات على الأنابيب الدقيقة، التي تمتد من الخلايا الجذعية إلى داخل المركز. والأهم من ذلك.. أن زيادة سُمْك الأنابيب الدقيقة تزيد من عدد مستقبلات Dpp واستجابة الخلايا الجذعية لبروتين Dpp. وتشير هذه النتيجة إلى خاصية غير متوقعة في نظام التجديد الذاتي للخلايا الجذعية، وهي أن كمية جزيئات الربط المتاحة ليست هي العامل المحدد. وإضافة إلى ذلك.. يمكن أن تستخدم الخلايا الجذعية المزيد من بروتين Dpp عندما يزداد سُمْك الأنابيب الدقيقة المتوفرة. وعلى العكس، عندما تم تقصير الأنابيب الدقيقة، انخفضت فعالية مسار بروتين Dpp في الخلايا الجذعية. ولم يزل جزيء ربط بروتين Dpp ـ الذي لم تَعُدْ تحكمه الخلايا الجذعية ـ غير قادر على انتزاع تأشير بروتين Dpp في الخلايا الوليدة التي أُزيحت من المحيط، ولا تتوافق تلك البيانات مع نموذج بسيط، يتم فيه تحديد مصير الخلية عن طريق جزيء ربط قابل للانتشار، لكنها تشير إلى أن الأنابيب الدقيقة تشكل الطريق الرئيس الذي يتم من خلاله الوصول إلى بروتين Dpp.

وقد كشفت دراسات سابقة[10-12] عن دور لبروتينات موجودة في النسيج ما بين الخلايا في الحفاظ على الخلايا الجذعية، من خلال تقديم الخلايا ذات العوامل التي تحافظ على خصائصها. فكيف ينبغي لنا أن نعرض هذه النتائج في ضوء الدراسة الحالية؟ يكمن أحد التفاسير في كون مكونات النسيج ما بين الخلايا تساعد على استقرار الأنابيب الدقيقة، أو تعزيز التفاعلات بين بروتين Dpp ومستقبلاته بطريقة أخرى. وعلى الجانب الآخر، يمكن لمكونات نسيج ما بين الخلايا أن تؤثر على البروتينات الأخرى التي يفرزها المحيط، مثل البروتين غير المزاوج، الذي يدعم بقاء الخلايا الجذعية، من خلال تعزيز التصاق الخلايا بالمركز[13]. وسوف تحدد الدراسات المستقبلية ما إذا كان هذا الالتصاق هو شرط أساسي لتشكيل الأنابيب الدقيقة، أم لا، وإذا كان كلا المسارين يعملان بشكل مستقل.

ويمكن للأنابيب الدقيقة أو الهياكل المماثلة أن تساعد على بقاء الخلايا الجذعية في أعضاء أو كائنات حية أخرى. وفي تلك الحالة، يجب أن يكون هناك تغيير جوهري في جهودنا لفهم عملية استمرار الخلايا الجذعية، مع الابتعاد عن محاولات اكتشاف كيف يقتصر انتشار جزيء الربط الموجود خارج الخلايا على الخلايا الجذعية، والاقتراب من كيفية وصول الخلايا الجذعية إلى جزيئات الربط الضرورية للتجديد الذاتي. وفي حين يزداد فهمنا للاتصالات بين الخلايا الجذعية والبيئة المحيطة، يتضح أن دراسة الخلايا الجذعية في ذباب الفاكهة ستستمر في تقديم معلومات مهمة. ■

ليلاش جلبوا يعمل بقسم التنظيم الحيوي، معهد وايزمان للعلوم، ريهووفوت 76100، إسرائيل.
البريد الإلكتروني: lilacg.gilboa@weizmann.ac.il

1. Inaba, M., Buszczak, M. & Yamashita, Y. M. *Nature* 523, 329–332 (2015).
2. Browne, N. E. *J. Exp. Zool.* **7,** 1–23 (1909).
3. Spemann, H. & Mangold, H. *Wilhelm Roux's Arch. Dev. Biol.* **109,** 599–638 (1924).
4. Huang, H. & Kornberg, T. B. *eLife* **4,** e06114 (2015).
5. Roy, S., Huang, H., Liu, S. & Kornberg, T. B. *Science* **343,** 1244624 (2014).
6. Bischoff, M. *et al. Nature Cell Biol.* **15,** 1269–1281 (2013).
7. Sanders, T. A., Llagostera, E. & Barna, M. *Nature* **497,** 628–632 (2013).
8. Stanganello, E. *et al. Nature Commun.* **6,** 5846 (2015).
9. Kawase, E., Wong, M. D., Ding, B. C. & Xie, T. *Development* **131,** 1365–1375 (2004).
10. Zheng, Q., Wang, Y., Vargas, E. & DiNardo, S. *Dev. Biol.* **357,** 202–210 (2011).
11. Guo, Z. & Wang, Z. *Development* **136,** 3627–3635 (2009).
12. Hayashi, Y., Kobayashi, S. & Nakato, H. *J. Cell Biol.* **187,** 473–480 (2009).
13. Leatherman, J. L. & Dinardo, S. *Nature Cell Biol.* **12,** 806–811 (2010).

الشكل 1 | استمرار الخلايا الجذعية بالخط الجنسي. في خصيتي ذبابة الفاكهة، توجد الخلايا الجذعية بالخط الجنسي على مقربة من المركز الخلوي، الذي يولد بروتين التأشير Dpp. وفي قت انقسام الخلايا، تحتفظ الخلية الابنة الأقرب إلى المركز بهوية الخلية الجذعية بسبب تأشير بروتين Dpp، في حين أنه لا يتم تنشيط تأشير بروتين Dpp في الخلية الابنة الأخرى، التي تتمايز بدورها لإنتاج الحيوانات المنوية. ويذكر إينابا وزملاؤه[1] أن هذه الانتقائية تعود إلى الأنابيب النانوية المبنية على الأنابيب الدقيقة، التي تبرز من الخلايا الجذعية لالتقاط بروتين Dpp من خلايا المركز. تحتوي هذه النتوءات على مجموعات من البروتينات المستقبِلة لبروتين Dpp، التي تحفز تأشيره في الخلايا الجذعية، مما يحفز التجديد الذاتي. والمربع الأيمن هو رسم مقتبس من الشكل 5e الموجود في الورقة البحثية التي أعدها إينابا وزملاؤه. كما أن تفاصيل العملية المرسومة، بما في ذلك موضع الأنابيب النانوية ومكان المستقبلات، ليست معروفة حتى الآن.

علم الأرض

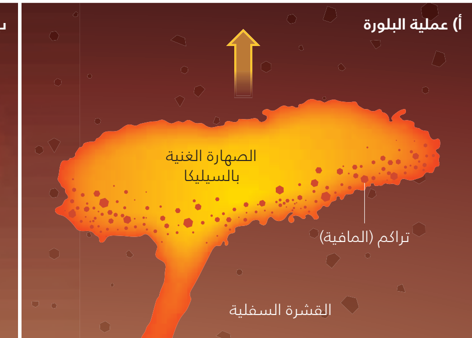
الكيمياء الجيولوجية الفائقة

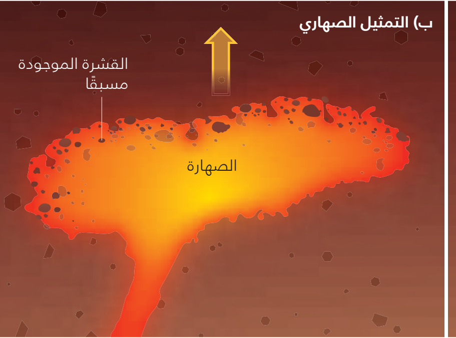
تقدِّم مجموعة مؤلفة مما يزيد على 300 ألف نوع من التراكيب الصخرية بيانات مهمة بشأن جدال دام 100 عام حول كيفية تشكُّل القشرة القارية، وتضع قيودًا جديدة لنظريات تطوُّر القشرة القارِّية.

كريستي تيل

إنّ الأرض هي الكوكب الوحيد في نظامنا الشمسي الذي يُعرف بقشرته القارية العائمة. كان منشأ هذه القشرة مصدر جدل لفترة طويلة، نظرًا إلى عدم التجانس التركيبي لها، وهو الأمر الذي يعوق إجراء الاختبار المباشر لنماذج التشكل. ومن المحتمل أن تكون البيانات التي عرضها كيلر وزملاؤه[1] هي الأكثر إقناعًا فيما يخص هذه المسألة حتى الآن، حيث أثبتوا أن غالبية الصخور النارية في القشرة القارية ـ تلك التي تشكلت نتيجَّة لتصلُّب الحمم، أو الصهارة البركانية ـ تتشكل عن طريق البلورة التدريجية للمواد المنصهرة المتصاعدة من باطن الأرض، التي تليها عودة البلورات الأعلى كثافة لطبقة الوشاح الأرضي.

في أوائل القرن العشرين، تنافست الفرضيّتان اللتان ظهرتا في مختبرات الكيمياء الجيولوجية التجريبية الرائدة، وكان لهما أثر في جميع نماذج تشكُّل القشرة القارية تقريبًا. وفي عام 1915، أشار نورمان لام بوين إلى أن القشرة القارية تشكَّلت من خلال البلورة التدريجية، وتقطر الصهارة الناتجة





الشكل 1 | نماذج من تشكُّل القشرة القارية. أ، في نموذج البلورة تطفو المادة المنصهرة من طبقة الوشاح إلى السطح، الأمر الذي يؤدي إلى بلورة معادن الصهارة عندما تنخفض درجة حرارة الوسط المحيط. تُعتبر المعادن المافية (تلك التي تمتلك النسبة الأعلى من الحديد والمغنيسيوم) أولى المعادن التي تتبلور وتترسب أسفل الصهارة، حيث إنها تشكِّل ما يُعرف بالصخور التراكمية المافية (المكوَّنة من خامات الحديد والمغنيسيوم). وتشكل الصهارة المتبقية الغنية بالسيليكا القشرة القارية. **ب،** في نموذج التمثيل الصهاري، تقوم الصهارة المتصاعدة من طبقة الوشاح بدفع صهارة القشرة القارية الموجودة مسبقًا، التي تمتزج بدورها معها، ثم يتطور الخليط الناتج ليشكل القشرة القارية الجديدة. جمع كيلر[1] وزملاؤه البيانات الكيميائية الجيولوجية من جميع أنحاء العالم، وهي البيانات التي تدعم فكرة أن عملية التبلور هي العملية المهيمنة في تشكُّل القشرة القارية الحديثة.

عن طبقة الوشاح الأرضي (الشكل 1-أ). تفترض هذه النظرية أن المعادن التي تتبلور أولًا هي تلك التي تمتلك نسبة أعلى من الحديد والمغنيسيوم (خامَي المافية)، التي تنفصل بدورها عن الصهارة المتبقية الغنية بالسيليكا (SiO_2). وهكذا يمكن لصهارة الوشاح المكونة من السيليكا بنسبة 50% مبدئيًّا أن تتطور بعملية البلورة المتتالية، لتشكل تركيبة تطابق تركيبة القشرة القارية العائمة (بنسبة 61% من السيليكا تقريبًا). وفي عام 1933، رأى الأستاذ المشرف على بوين، وهو ريجنالد دالي، أن هذا التمثيل الصهاري كان مهمًّا لتشكُّل القشرة القارية الحديثة على الأقل، حيث تدفع الصهارة المتصاعدة من طبقة الوشاح صهارة القشرة القارية الموجودة مسبقًا، وبامتزاج الصهارتين، ينتج محتوى السيليكا المرصود في بِنْيَة القشرة[3] القارية العائمة (الشكل 1-ب).

بتقليص مشكلات وتكاليف التحاليل الكيميائية الجيولوجية والزمن الحسابي، استطاع علماء الجيولوجيا استخدام مجموعات بيانات أكثر من أي وقت مضى، للإجابة عن الأسئلة المحورية المتعلقة بكوكبنا. وقدَّم كيلر وزملاؤه[1] تقريرًا عن أحد الأمثلة الأكثر أهمية في هذا المجال حتى الآن، حيث رصدوا ما يزيد على 300 ألف من التحاليل الكيميائية الجيولوجية الموجودة عن الصخور النارية من جميع أنحاء العالم، بغرض حساب متوسط تركيب الصهارة في المناطق التي تلتقي أو تبتعد فيها الصفائح القارية (المتصدعة).

وبمقارنة التراكيب الكيميائية للصخور الجوفية (التي تشكلت من الحمم التي تبرد ببطء داخل الأرض)، مع التراكيب الكيميائية للصخور البركانية (التي تشكلت عند انبثاق الصهارة إلى سطح الأرض)، تمكَّن الباحثون من تقييم العمليات الرئيسة التي أسهمت في تشكُّل الصخور. وفي حال كانت نظرية دالي في التمثيل الصهاري صحيحة، فمن المفترض أن تكون العلاقة بين تركيز الأكاسيد خطية، مثل أكسيد المغنيسيوم والسيليكا، ولكنَّ كيلر وزملاءه في العمل لاحظوا أن العلاقة غير خطية، مما يؤكد هيمنة فرضية بوين عن البلورة.

والمسألة التي صمدت لوقت طويل في فرضية بوين هي أنه لا بد أن تكون بقايا البلورات الحديدية المغنسيومية قد تراكمت في القشرة مع مرور الوقت، وشكلت الصخور التراكمية. تقوم أدلة عديدة بما فيها البيانات من العينات الجيولوجية، والتصوير الزلزالي، وحسابات التوازن الكتلي العنصرية، والمحاكاة العددية، بدعم النموذج الذي تمتلك فيه بقايا بلورات خامَي الحديد والمغنيسيوم (المافية) كثافة أكبر من كثافة طبقة الوشاح العلوية، مما أدى إلى انفصالها عن قاعدة القشرة القارية، وترسبها مرة أخرى في طبقة الوشاح، وتسمى هذه العملية بـ"التطبق"[4-8]. حدَّد كيلر وزملاؤه الاختلافات الرئيسة بين متوسط التراكيب الصخرية الجوفية والبركانية من البيئات المتقاربة والمتصدعة. وبالاستناد إلى حسابات الباحثين المكثفة، تتفق هذه الاختلافات مع التراكيب التراكمية المتوقعة، وتثبت أن بلورات خامَي الحديد والمغنيسيوم التراكمية موجودة في الصخور الجوفية، ولكن ليس بوفرة كبيرة. ولاحظ الباحثون أن معظم التراكيب الصخرية الجوفية القارية بها محتوى أعلى من السيليكا مما هو متوقع، مقارنةً بتراكم خامَي الحديد والمغنيسيوم، وهو الأمر الذي أثبت كلًّا من فرضية بوين، ونموذج التطبق.

كما استنتج كيلر وزملاؤه أن الصخور الجوفية التي تشكلت في البيئات القارية المتصدعة لها خصائص تتسق مع فكرة وجود الماء أثناء تكوُّنها، حيث كان الاعتقاد السائد سابقًا هو جفاف هذه البيئات. يمكن أن يفسر وجود الماء توقُّف الصهارة وتبلورها في القشرة القارية، بدلًا من انبثاقها إلى السطح، حيث إنه بإمكان الصهارة المحتوية على الماء الوصول إلى درجة الحرارة التي تبدأ عندها عملية تشكل البلورات بالتزامن مع صعودها إلى أعلى، بينما لا تفعل الصهارة الجافة ذلك. وفي نهاية المطاف، تمتلك القشرة القارية العائمة أنماطًا كيميائية جيولوجية تنسجم مع فكرة التشكل مع وجود كميات قليلة من الماء[9]. وتم وضع قيود جديدة على نظريات تشكُّل القشرة القارية، وذلك بعد ملاحظة أن كلًّا من البيئات الجوفية المتقاربة والمتصدعة تنتج مثل هذه الأنماط، وأنها تميل لأنْ تتبلور في القشرة، بدلًا من أن تنبثق عنها.

وهنا يبرز سؤالان مهمّان بخصوص نتائج كيلر وزملائه، هما: متى بدأ تشكُّل القشرة القارية؟، وهل تنوعت عمليات تشكُّل القشرة الأرضية عبر تاريخ الأرض؟ عمل اثنان من باحثي هذا العمل بجد على هذه الموضوعات في ورقة البحث الأولى[10]. تشير الأدلة الإحصائية لمجموعة البيانات الحالية إلى أن تركيبة المجموعة الصخرية التي يزيد عمرها على 100 مليون سنة لا تختلف جوهريًّا عن المجموعة الأصغر عمرًا، لكن بيانات الصخور القديمة أقل بكثير من تلك الأصغر سنًّا، حيث فُقدت صخور قديمة عديدة أثناء عمليات إعادة التدوير، مثل الاندساس، والتعرية، وتلك التي نجت من إعادة التدوير قد لا تمثل التنوع الذي وُجد سابقًا. وبهذا.. تكون الملاحظات التي قدمها كيلر وزملاؤه هي الأكثر ملاءمة لتشكُّل القشرة القارية الحديثة.

في فترة ازدهار علم الكيمياء الجيولوجية، تم سبر الصخور والمعادن بالمقاييس النانومترية والذَّرِّيَّة، ويوجه كيلر وشركاؤه الأنظار نحو اتجاه آخر، فيذكِّروننا بقيمة التحقيقات التي أُجريت بمتوسط أكبر للمقاييس الزمانية والمكانية[11]. وقد تطوَّر مجال الكيمياء الجيولوجية منذ الأيام الرائدة لبوين ودالي، ليشمل الملاحظات التي تمتد من النطاق المجهري، وصولًا إلى العالمي. وسيتطلب العمل المستقبلي دمج هذه الملاحظات الكيميائية الجيولوجية مع ملاحظات أخرى من مجموعة واسعة من التخصصات الأخرى، بغرض اكتشاف إجابة أسئلة من نوعية ما إذا كان تشكُّل القشرة القارية قد لعب دورًا أساسيًّا في ارتفاع نسبة الأكسجين في الغلاف الجوي للأرض، أم لا. ■

كريستي تيل يعمل بقسم استكشاف الأرض والفضاء، جامعة ولاية أريزونا، تيمب، أريزونا 85281، الولايات المتحدة.
البريد الإلكتروني: christy.till@asu.edu

1. Keller, C. B., Schoene, B., Barboni, M., Samperton, K. M. & Husson, J. M. *Nature* **523,** 301–307 (2015).
2. Bowen, N. L. *J. Geol.* **23** (suppl.), 1–91 (1915).
3. Daly, R. A. *Igneous Rocks and the Depths of the Earth* (McGraw-Hill, 1933).
4. Kay, R. W. & Kay, S. M. *Tectonophysics* **219,** 177–189 (1993).
5. Jull, M. & Kelemen, P. B. *J. Geophys. Res.* **106,** 6423–6446 (2001).
6. Gao, S. *et al. Nature* **432,** 892–897 (2004).
7. Plank, T. *J. Petrol.* **46,** 921–944 (2005).
8. Levander, A. *et al. Nature* **472,** 461–465 (2011).
9. Rudnick, R. L. *Nature* **378,** 571–578 (1995).
10. Keller, C. B. & Schoene, B. *Nature* **485,** 490–493 (2012).
11. Valley, J. W. *et al. Nature Geosci.* **7,** 219–223 (2014).

طب العيون

علاج محتمَل لإعتام عدسة العين

أوضحت الطفرات الوراثية المتعلقة بالإصابة بمرض إعتام عدسة العين فائدة الإنزيم المسؤول عن تخليق مركّب اللانوستيرول. وقد يؤدي هذا الاكتشاف إلى ابتكار طرق وقاية وعلاج غير جراحية للمرض.

جيه. فيلدنج هيجتمانسيك

حدَّد تشاو وزملاؤه[1] طفرة في الجين المشفّر لإنزيم لانوستيرول سينثيز (LSS)، وهو الإنزيم المسؤول عن الإصابة بنوعين من مرض إعتام عدسة العين (الساد) الموَرّث. وينتج هذا الإنزيم في عدسة العين، ثم يسهم في تكوين مركّب اللانوستيرول، وهو مركّب يجمع ما بين صفتي ألفة الماء، وكراهيتها. ويوضح المؤلفون

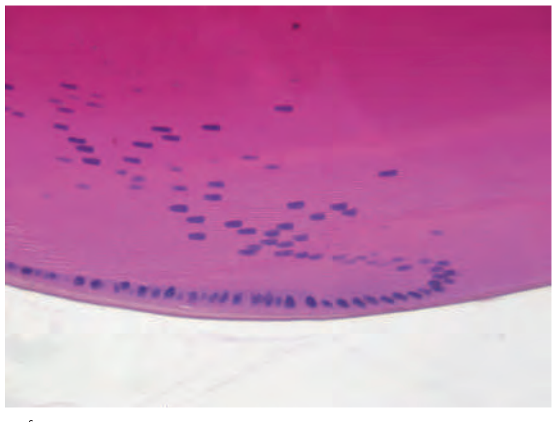
PAUL FITZGERALD/REF. 16

أن اللانوستيرول قادر على إذابة الرواسب وهياكل الألياف الشبيهة بالنشا، الخاصة ببروتينات العدسات المتطفرة، وهي المتسبِّبة في الإصابة بإعتام عدسة العين في بعض الحالات. وإضافة إلى ذلك.. وُجد أن اللانوستيرول يعالج بفاعلية حالات إعتام عدسة العين، التي تحدث بشكل طبيعي في عيون الأرانب والكلاب المستخدَمة في التجارب العلمية. ويتميز هذا البحث ـ بالإضافة إلى توضيحه لآلية الإبصار ـ بأنه يمضي قُدُمًا في مجال بحوث العدسات، من خلال تعميق المعرفة العلمية في مجالات لا تبدو وثيقة الارتباط في أغلب الأحيان.

وعلى مدار ما يقرب من قرنين من الزمان، تمت دراسة عدسة العين بشكل مكثف. ففي عام 1833، اكتشف عالِم البصريات ديفيد بريوستر التركيب الدقيق لعدسة سَمَك القدّ، وقدَّر عدد خلايا الألياف بها بما يساوي خمسة ملايين خلية، يبلغ طول كل واحدة منها 4.8 مليمترات، فقط باستخدام شمعة وعصا من الفولاذ مسطَّرة بدقة[2]. وفي عام 1901، خلصت دراسات عالِم الأجنة هانز سبيمان عن تطور العدسات إلى فكرة التفاعلات الخلوية خلال تكوين الأجنّة[3]. أما دراسات الكيمياء الحيوية للعدسات، فقد بدأت في أواخر التسعينات، مع وصف للتركيزات العالية من البروتينات الهيكلية المتغايرة[4] "crystallins". ولهذا السبب.. ارتبط أحد المواقع الجينية الأولى على سطح كروموسوم غير جنسي باحتمال الإصابة بإعتام عدسة العين[5]، وكانت جزيئات الحامض الريبي المرسَلة المشفرة لبروتين كريستالين- جاما (δ-crystallins)، الموجودة في عدسات عيون الدجاج، هي من بين الجزيئات الأولى من نوعها، التي يتم عزلها، واستنساخها، ودراستها[6].

إن وظيفة عدسة العين هي تمرير الضوء، وتركيزه على الشبكية، وتحقِّق ذلك من خلال خلية وحيدة النمط، تتبع أسلوبًا تطوريًّا، تبدأ كعضو ينتمي إلى منطقة مولدة في طبقة أحادية من الخلايا الظهارية الأمامية، التي تغطي على كتلة من خلايا الألياف. بعد ذلك.. تهاجر هذه الخلايا جانبيًّا في اتجاه خط استواء العدسة، حيث تستطيل وتتحول إلى إحدى خلايا الألياف الثانوية، التي تتشكل على نحو منحني، كطبقات البصل. وخلال ذلك.. تنتج كميات كبيرة من بروتينات الكريستالين، حتى يصبح محتواها البروتيني الأعلى بين خلايا الأنسجة الأخرى. كما تقوم هذه الخلايا بتحليل بعض العضيات الخلوية، وتقلص المساحات الخارجية، وتكثف أغشيتها، حتى تقترب من مستوى كثافة السيتوبلازم؛ فيقلل كل ذلك من تشتت الضوء[7]. ويوضح ذلك أن الشفافية تعتمد ـ إلى حد كبير ـ على التركيب الهندسي الصغير للعدسات، وجزيئات الكريستالين المكثفة بداخلها (شكل 1).

وتنقسم بروتينات الكريستالين في الإنسان إلى عائلتين، هما كريستالين-ألفا، وكريستالين-بيتا-جاما، وتكوِّنان معًا 90% من البروتينات القابلة للذوبان، والموجودة في خلايا العدسة[8]. وتُعَدّ هذه البروتينات شديدة الاستقرار، وعالية التنظيم، وتتميز بمعدل ثابت نسبيًّا لانكسار الضوء، مما يحافظ على شفافية العدسات[9]. وبسبب نقص العُضَيّات المنتجة للبروتينات الجديدة في خلايا الألياف بالعدسات، لا تتجدد بروتينات الكريستالين، ولذا.. تُعتبر البروتينات التي تتمركز في منتصف العدسات من أقدم بروتينات الجسم. ومن ثم، فإن الحفاظ على هياكل ووظائف تلك البروتينات أمر مهم لمكافحة إعتام عدسة العين.



الشكل 1 | عدسة العين. يوضح هذا المقطع العرضي في عدسة عين فأر انحناءات خلايا الألياف التي تشبه انحناءات طبقات البصل، حيث تتجمع متراصة مع بعضها، وتفقد هياكلها الخلوية، مثل النواة (الملونة بالأزرق)، بينما تنضج وتتحرك باتجاه وسط العدسة. وتحتوي خلايا الألياف على بروتينات الكريستالين عالية التنظيم، التي يزيد تركيزها بين الخلايا، كلما اقتربنا من منتصف العدسة (تظهر باللون الزهري الغامق). ويتسبب هذا التركيب الخلوي وبين الخلوي في شفافية العدسات، بينما يسبب تشوه وتجمُّع بروتينات الكريستالين في إعتام العدسة. وقد أظهر تشاو وزملاؤه[1] أن جزيء اللانوستيرول قادر على إذابة تجمُّعات بروتين الكريستالين مرة أخرى، وبالتالي يقلل من إعتام العدسة.

ومن أولويات الوظائف البيولوجية الأخرى للعدسات: حماية الأنظمة المكملة لحزم بروتينات الكريستالين، وترتيبات خلايا الألياف من الاختلال والتلف بفعل تقدُّم العمر والمؤثرات الخارجية السلبية، خاصة الأشعة فوق البنفسجية والإجهاد التأكسدي، وعملية إضافة جزيئات سكرية للبروتينات.

يؤدي تطفُّر الجينات المسبِّبة لمرض إعتام العين إلى إنتاج بروتينات تشارك في أحد تلك المسارات الحيوية، أو التصنيفات الوظيفية للبروتينات، المهمة في استقرار العدسات. ونجد أن ما يقرب من نصف العائلات المعرَّضة لخطر الإصابة بمرض إعتام عدسة العين الخلقي، حيث يكون الجين الطافر المسؤول معروفًا، تمتلك طفرات في بروتينات الكريستالين الخاصة بالعدسة، بينما تعاني أخرى من طفرات في عوامل النمو، أو النَّسْخ، أو في البروتينات المستقبلة، أو المرافقة، أو المحلِّلة، من بين طفرات أخرى[10]. ويوضح اكتشاف تشاو وزملائه لطفرات إنزيم لانوستيرول سينثيز ـ كأحد أسباب الإصابة بإعتام عدسة العين الخلقي ـ سبيلًا جديدًا.

يمكن للتغيرات الهيكلية الخطيرة في تركيب بروتينات الكريستالين ـ التي لوحظت في الكثير من حالات الإصابة الوراثية بإعتام عدسة العين ـ أن تتغلّب على النظام الدفاعي للعدسة، وتقاوم عملية إذابة اللانوستيرول التي ذكرها المؤلفون. ورغم ذلك.. يمكن لتلك العملية أن تكون أكثر قابلية للتطبيق؛ لمعالجة حالات إعتام عدسة العين المرتبطة بالتقدم في العمر، التي يلاحظ فيها التكسير البطيء لبروتينات الكريستالين. في تلك الحالات، ترتبط بروتينات الكريستالين-بيتا-جاما المدمَّرة بكريستالين-ألفا، التي تعمل على طيّ وفَرْد البروتينات الأخرى، مثلما يفعل البروتين المرافق، لكن بدلًا من إعادة طيّ كريستالينات-بيتا-جاما المشوهة، تعمل كريستالينات-ألفا على إذابتها[11]، مما يقلل من تشتت الضوء. ومع ذلك.. وبينما تتحطم المزيد من بروتينات الكريستالين وترتبط مع مرور الوقت، تصبح المركّبات البروتينية الناتجة كبيرة بما يكفي لتشتت أشعة الضوء[11,12]، وبالتبعية، تترسب المركّبات البروتينية في صورة غير قابلة للذوبان، يطلق عليها "تجمعات عالية الوزن الجزيئي"، وهي تزيد مع التقدم في العمر، وخاصةً في حالات الإصابة بإعتام عدسة العين، ولذا.. فأحد تعريفات هذا المرض هو فشل في عملية طي البروتين[13].

وعلى الرغم من فعالية الجراحة في علاج مرض إعتام عدسة العين، وكونها اختيارًا آمنًا، إلا أنه من المتوقع أن يحتاج سكان العالم المتقدمون في العمر إلى إجراء العملية مرتين خلال العشرين سنة القادمة[14]. وتقترح بيانات هؤلاء السكان أنه إذا أمكن تأجيل الإصابة بالمرض، خاصة في حالة ارتباطه بالتقدم في العمر لمدة عشر سنوات، يمكن حينها أن تقل نسبة الحاجة إلى الجراحة بما يقرب من النصف[15]. ويُعَدّ الكشف عن حالات إعتام عدسة العين الناتجة عن التقدم في العمر قبل ظهور الأعراض أمرًا سهلًا، كما يسهل تطبيق آلية العلاج الدوائي الموضعي. وقد أظهر تشاو وزملاؤه نجاح علاج إعتام عدسة العين في الكلاب باستخدام قطرات موضعية، تحتوي على إنزيم اللانوستيرول، وقد لا توجد فرصة أخرى كهذه لترجمة هذا الاكتشاف إلى أول تطبيق عملي للوقاية الدوائية والعلاجية في الإنسان. وإضافة إلى ذلك.. قد يمثل هذا النهج نموذجًا لأنواع أخرى من أمراض فشل طي البروتينات، التي تؤثر على العديد من الأنسجة والأجهزة العضوية. ■

جيه. فيلدنج هيجتمانسيك يعمل في قسم علم البصريات الوراثية الجزيئية، فرع علم البصريات الوراثية والوظائف البصرية، المعهد القومي للعيون، روكفيل، ميريلاند 9402-20892، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: hejtmancikj@nei.nih.gov

1. Zhao, L. *et al. Nature* **523,** 607–611 (2015).
2. Brewster, D. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* **123,** 323–332 (1833).
3. Spemann, H. *Vehr. Anat. Ges.* **15,** 61–79 (1901).
4. Zhang, T. *et al. Hum. Mutat.* **30,** E603–E611 (2009).
5. Renwick, J. H. & Lawler, S. D. *Ann. Hum. Genet.* **27,** 67–84 (1963).
6. Zelenka, P. S. & Piatigorsky, J. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **71,** 1896–1900 (1974).
7. Michael, R., van Marle, J., Vrensen, G. F. & van den Berg, T. J. *Exp. Eye Res.* **77,** 93–99 (2003).
8 Bloemendal, H. *et al. Prog. Biophys. Mol. Biol.* **86,** 407–485 (2004).
9. Benedek, G. B. *Appl. Optics* **10,** 459–473 (1971).
10 Shiels, A. & Hejtmancik, J. F. *Clin. Genet.* **84,** 120–127 (2013).
11. Rao, P. V., Huang, Q.-L., Horwitz, J. & Zigler, J. S. Jr *Biochim. Biophys. Acta* **1245,** 439–447 (1995).
12. Datiles, M. B. III *et al. Arch. Ophthalmol.* **126,** 1687–1693 (2008).
13. Moreau, K. L. & King, J. A. *Trends Mol. Med.* **18,** 273–282 (2012).
14. Taylor, H. R. *Br. J. Ophthalmol.* **84,** 1–2 (2000).
15. Kupfer, C. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* **28,** 2–8 (1987).
16. Sun, N., Shibata, B., Hess, J. F. & FitzGerald, P. G. *Mol. Vis.* **21,** 428–442 (2015).

كيمياء جيولوجية حيوية

رحلة الحديد من الأعماق السحيقة

تم اكتشاف أن العمود المائي الغني بالحديد ـ الصادر عن شق حراري مائي ـ يمتد بطول مسافة تزيد على 4,000 كيلومتر بداخل المحيط. وتترتب على هذه النتائج آثار ضمنية على إنتاجية الطحالب البحرية، وبالتالي.. على المناخ أيضًا.



BRETT LONGWORTH

الشكل 1 | تجميع عيِّنات من ماء البحر. جمع ريسينج وزملاؤه[3] مئات العينات من مياه البحر، من المناطق المحيطة بالجزء الجنوبي لنتوء منتصف المحيط، المعروف باسم مرتفع المحيط الهادئ الشرقي؛ مما أدى إلى اكتشافهم عمودًا مائيًّا غنيًّا بالحديد، يمتد على مسافة تصل إلى أكثر من 4,000 كيلومتر من شق حراري مائي. وتوضح هذه الصورة استرجاع أداة استخراج العيِّنات، بعد تجميعها للمياه من أعماق المحيط.

كازوريو ميسومي

تقوم الطحالب العالقة الموجودة في الأسطح المائية المعرَّضة لضوء الشمس بتحويل ثاني أكسيد الكربون الموجود في ماء البحر إلى مادة عضوية، تترسب في نهاية المطاف في أعماق البحر، وتحتجز الكربون من الغلاف الجوي. وفي مناطق المحيط التي تتحكم في مستويات ثاني أكسيد الكربون، يحدّ توافر الحديد ـ المغذي ذي التركيز الضئيل ـ من عملية الإنتاج الأوّلي، التي تقوم بها الطحالب[1]. وقد تسببت التغيرات في وفرة الحديد في التأثير بصورة جزئية على التباين المناخي، أثناء الانتقال من العصور الجليدية إلى ما بين الجليدية في الماضي[2]، كما يُتوقع أيضًا أن تؤثر على المناخ في المستقبل. يذكر ريسينج وزملاؤه[3] أنه يتم نقل كميات معتبرة من الحديد المنبعث من الشقوق الموجودة في نتوء واقع في منتصف المحيط عند الأعماق السحيقة، مسافة تبلغ آلاف الكيلومترات، عن طريق التيارات البحرية العميقة بطيئة الحركة. كما يوضح هذا الفريق ـ باستخدام نموذج للمحيط ـ أنه يتم إيصال الحديد من نتوء منتصف المحيط إلى الطبقة المضاءة (المنطقة التي تضيء الشمس سطحها)، الأمر الذي قد يسهم في نمو الطحالب.

اكتشف العلماء في نهاية سبعينات القرن العشرين وجود مياه حارّة محمَّلة بالمعادن، تنساب من الشقوق الموجودة في قاع البحر، وتُعرف باسم الشقوق الحرارية المائية. أوضح التحليل الكيميائي[4] لهذه المياه أنها غنية بالحديد، مقارنةً بالمياه المحيطية التي تجاورها. وكان يُعتقد لعقود خلت أن الحديد المنبعث من هذه الفوهات الحرارية المائية لا يسهم إلا بِنَزْر يسير في المجموع الكلي للحديد الموجود في المحيط العالمي؛ لأن العلماء اعتقدوا أنه يكوِّن رواسب صلبة بجوار مواقع الانبعاث، نتيجة لانخفاض قابليته للذوبان في ماء البحر، غير أن الأرصاد اللاحقة[5,6] أوضحت أن بعضًا من الحديد المنطلق من الفوهات الحرارية المائية يتم نقله بعيدًا من مواضع انبعاثه. ويُعرف هذا الاحتمال باسم "فرضية[7] الشق المُسَرِّب".

وجد العلماء تركيزات تفوق المألوف للحديد المذاب، موزعة على مسافات أفقية، تتراوح ما بين مئات إلى آلاف الكيلومترات في عديد من الأحواض المحيطية العميقة[8-11]. وتم استنباط المنشأ الحراري المائي لهذه التوزيعات غير المألوفة للكميات المرتفعة من الحديد، عن طريق تفحُّص البصمات المناظرة للهيليوم الموجود بها، حيث إن الهيليوم له نظيران مستقران، هما ^{3}He و^{4}He، ومياه الفوهات الحرارية المائية غنية بنظير ^{3}He، مقارنةً بالنسبة الموجودة في هيليوم الغلاف الجوي، أي أنه يوجد فائض من النظير ^{3}He في الفوهات الحرارية المائية، ويدل هذا الفائض على أن أصل المياه المذكورة يرجع إلى هذه الفوهات[10]. كما تمت الإشارة[10,12] إلى وجود صلة ما بين التركيزات غير المألوفة للحديد المذاب، وفائض النظير ^{3}He، إلا أن بيانات الهيليوم وبيانات الحديد المذاب جُمعت في أوقات مختلفة، ولذا.. لم يتسن تأكيد المنشأ الحراري المائي لتركيزات الحديد المذاب غير المألوفة.

جمَع ريسينج وزملاؤه مئات العيِّنات من مياه البحر (الشكل-1)، من المنطقة الواقعة حول الجزء الجنوبي لنتوء منتصف المحيط، الذي يُعرف باسم مرتفع المحيط الهادئ الشرقي، وهي منطقة معروفة بنشاطها البركاني. وتمكَّن هؤلاء الباحثون من اكتشاف عمود مميز من الماء، يحتوي على تركيزات عالية من الحديد المذاب، يمتد على مساحة تصل إلى أكثر من 4,000 كيلومتر من نقطة المنشأ. كما وُجد ارتباط خطي بين تركيز الحديد المذاب، وتركيز نظير ^{3}He الفائض، الذي تم قياسه من بيانات الهيليوم التي تم تجميعها بصورة متزامنة. وتوضح هذه النتائج بصورة جليّة أن منشأ تركيزات الحديد غير المألوفة هو الشقوق الحرارية المائية الموجودة في مرتفع المحيط الهادئ الشرقي.

وإضافة إلى ما سبق.. وجد الباحثون أنه يتم الحفاظ على العلاقة الخطية ما بين الحديد المذاب، وفائض ^{3}He على امتداد العمود المائي الضخم، مما يدل على أن العملية نفسها ـ التي استُنتج أن مياه البحر المحيطة تخففها ـ تتحكم في تركيزات الهيليوم والحديد المذاب على حد سواء. ولا يتفق هذا السلوك المحافظ مع السلوك الكيميائي المتوقع من الحديد غير العضوي، كما أنه يدعم جزءًا أساسيًّا من فرضية الشق المُسَرِّب: وهو فكرة أن الاستقرار الفيزيائي الكيميائي يسمح بنقل الحديد لمسافات بعيدة من مواضع الشقوق الحرارية المائية. وفضلًا عن ذلك.. يستنتج الباحثون من العلاقة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الخطية أن كميات الحديد التي يتم نقلها من الفوهات الحرارية المائية على مستوى العالم تبلغ 3-4 جيجا مول في السنة، وهذا المقدار أكبر من التقديرات السابقة بأكثر من أربعة أضعاف.

قام ريسينج وزملاؤه كذلك باستخدام نموذج مميز للمحيط العالمي[13]، بغرض تقدير إسهام الحديد الحراري المائي في تصدير الكربون العضوي من الطبقة المضاءة، ووجدوا أن هذا الإسهام مؤثر، خصوصًا في المحيط الجنوبي. ولهذه النتائج دلالات مهمة في شأن دور الحديد الحراري المائي في مناخ الأزمنة السابقة، والحالية، والمستقبلية. فعلى سبيل المثال.. يُعتقد أن الترسب المتزايد للغبار الحامل للحديد على سطح المحيط أثناء العصور الجليدية أسهَم في خفض تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي[2]، إلا أن وجود إمداد مستقر من الحديد الحراري المائي ـ على امتداد فترات زمنية بطول آلاف السنين ـ كان ليعادل هذه التباينات قصيرة المدى في إمداد الحديد، كما أنه أثَّر ـ تبعًا لذلك ـ على امتصاص المحيط لثاني أكسيد الكربون، مما يلقي بظلال الشك على هذه النظرية.

وهناك قضايا عديدة غامضة، وأسئلة كثيرة ينبغي أن تتم الإجابة عليها، قبل أن نفهم بشكل شامل دور الحديد الحراري المائي في الدورات الكيميائية الجيولوجية الحيوية. وإحدى هذه القضايا هي أن حجم فيض الحديد الحراري المائي العالمي غير مؤكد بالمرة. فقد قام ريسينج وزملاؤه بتقدير الفيض العالمي باستخدام بيانات، تم تجميعها من نظام حراري مائي واحد، إلا أن العلاقة ما بين مستويات الحديد والنظير 3He مالت إلى الاختلاف ما بين موقع وآخر، بسبب الاختلافات في التاريخ التكتوني، والتكوين الكيميائي للصخور المحيطة. فعلى سبيل المثال.. تزيد نسبة تركيز الحديد المذاب إلى نسبة النظير ^{3}He بمقدار 80 ضعفًا في المحيط الأطلنطي الجنوبي، مقارنةً بالمحيط الهادئ الشرقي[10]. ولذا.. هناك حاجة إلى بيانات يتم تجميعها من مواقع مختلفة؛ لوضع حدود لتقديرات فيض الحديد الحراري المائي العالمي، الأمر الذي سوف يقود إلى فهْم أفضل للآليات المسؤولة عن اختلافات القيم ما بين المواقع.

ومما ينبغي فهمه أيضًا، الآليّة التي يتم بها استقرار الحديد في المناطق المحيطة بالشقوق الحرارية المائية. وإحدى الآليات المحتملة هي تكوين مركبات معقدة بين أيونات الحديد، وجزيئات الربط العضوية[5] التي يمكن أن ترتبط به. ويُعتقد أن جزيئات الربط العضوية واسعة الانتشار في مياه البحر، كما أنها تتحكم في تركيزات الحديد المذاب، لأنها تعزز من ذوبانه، إذ إن 99% من الحديد المذاب في الماء يوجد على هيئة مركبات عضوية معقدة[14]، إلا أن معرفتنا بمصادر وخزانات جزيئات الربط العضوية لا تزال محدودة، كما أن غالبية نماذج المحيطات العالمية تفترض وجود تركيزات ثابتة من تلك الجزيئات. ويقوم نموذج المحيط العالمي[13] الذي يستخدمه ريسينج وزملاؤه بتمثيل ديناميكيات جزيئات الربط العضوية في المحيط. وبذلك يتمكن الفريق البحثي من محاكاة عملية نقل الحديد المرتبط بالمركبات العضوية، بعيدًا عن الشقوق الحرارية المائية. وعلى الرغم من أن النموذج يحتوي على عدد من الافتراضات، إلا أن النتائج التي توصل إليها الباحثون توضح بجلاء أهمية تمثيلات آليّة ديناميكيات جزيئات الربط في مثل هذه النماذج.

والسؤال الآن: هل سيستمر الحديد الحراري المائي في القيام بدور مصدر الغذاء للطحالب السطحية؟ حدثت تغيرات بيئية متسارعة في المحيط الجنوبي خلال العقود القليلة الفائتة، إذ قادت الزيادة في مستويات الغازات الدفيئة، وانخفاض كميات الأوزون في طبقة الستراتوسفير من الغلاف الجوي، إلى زيادة شدة الانقلاب الرأسي لمياه الأعماق[15]، بينما أدى التضخم الحديث لدورة المياه، ولذوبان الأنهار الجليدية في القطب الجنوبي، إلى تقوية التقسيم الطبقي للمياه السطحية[16]. ولهذه التغيرات المقدرة على تغيير التبادل ما بين المياه السطحية ومياه الأعماق، الأمر الذي قد يؤدي إلى التأثير على إسهام الحديد الحراري المائي في الإنتاجية البيولوجية في السطح. ■

كازوريو ميسومي مختبر أبحاث علم البيئة، في معهد الأبحاث المركزي لصناعة القوة الكهربائية، أبيكو، 270-1194 جيبا، اليابان.
البريد الإلكتروني: misumi@criepi.denken.or.jp

1. Moore, C. M. *et al. Nature Geosci.* **6,** 701–710 (2013).
2. Kohfeld, K. & Ridgwell, A. in *Surface Ocean: Lower Atmosphere Processes* (eds Le Quéré, C. & Saltzman, E. S.) 251–286 (Am. Geophys. Un., 2009).
3. Resing, J. A. *et al. Nature* **523,** 200–203 (2015).
4. Von Damm, K. L. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* **18,** 173–204 (1990).
5. Bennett, S. A. *et al. Earth Planet. Sci. Lett.* **270,** 157–167 (2008).
6. Yücel, M., Gartman, A., Chan, C. S. & Luther, G. W. III *Nature Geosci.* **4,** 367–371 (2011).
7. Toner, B. M., Marcus, M. A., Edwards, K. J., Rouxel, O. & German, C. R. *Oceanography* **25,** 209–212 (2012).
8. Wu, J., Wells, M. L. & Rember, R. *Geochim. Cosmochim. Acta* **75,** 460–468 (2011).
9. Nishioka, J., Obata, H. & Tsumune, D. *Earth Planet. Sci. Lett.* **361,** 26–33 (2013).
10. Saito, M. A. *et al. Nature Geosci.* **6,** 775–779 (2013).
11. Conway, T. M. & John, S. G. *Nature* **511,** 212–215 (2014).
12. Fitzsimmons, J. N., Boyle, E. A. & Jenkins, W. J. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **111,** 16654–16661 (2014).
13. Völker, C. & Tagliabue, A. *Mar. Chem.* **173,** 67–77 (2015).
14. Rue, E. L. & Bruland, K. W. *Mar. Chem.* **50,** 117–138 (1995).
15. Lenton, A. *et al. Geophys. Res. Lett.* **36,** L12606 (2009).
16. de Lavergne, C., Palter, J. B., Galbraith, E. D., Bernardello, R. & Marinov, I. *Nature Clim. Change* **4,** 278–282 (2014).

علم المواد

انتقاد مركّبات تخزين الطاقة

اكتشاف مادة، أساسها من البوليمر، قادرة على كسر القوانين، تجتمع فيها الخواص الصحيحة اللازمة لاستخدامها في أجهزة تخزين الطاقة المعروفة بالمكثفات العازلة النافذة كهربائيًّا، وقابلة للعمل في درجات حرارة مرتفعة.

هاري بلوين

تلعب الأجهزة المعروفة بالمكثفات العازلة النافذة دورًا محوريًّا في التطبيقات التي تتطلب نبضات طاقة قصيرة ومكثفة، أو تتطلب تحويل تيار مستمر إلى تيار متردد. تشمل هذه التطبيقات الأنظمة الإلكترونية المستخدَمة في تكامل الطاقة الناتجة من الموارد المتجددة في شبكات الطاقة[1]، والأنظمة المستخدمة في النقل[2]، وأنظمة التسليح العسكرية[3]، حيث تعتمد هذه الأنظمة على مواد عازلة للكهرباء، تُعرف بالمواد العازلة النافذة، ولها عدة أنواع. تتفوق البوليمرات العازلة النافذة بعدة مزايا على المكثفات الكبيرة، إلا أنها ـ في المقابل ـ ذات حرارة تشغيل منخفضة (أقل من 150 درجة مئوية عادة)، وذات كثافة طاقة منخفضة (وهو ما يعني أن الأجهزة التي تستخدم البوليمرات العازلة النافذة في تشغيلها تكون أحجامها كبيرة). سجل لي وزملاؤه[4] أن المركّب المكوَّن من البوليمر مع رقائق نتريد البورون النانومترية يؤدي إلى تحسُّن في كثافة الطاقة بمقدار 40%، مقارنةً بأفضل البوليمرات العازلة النافذة المتوفرة، إضافةً إلى ثبات حراري واضح عند درجات حرارة تصل إلى 300 درجة مئوية، وهذا ضمن مجال واسع من ترددات المجال الكهربائي.

تحقِّق المكثفات العازلة النافذة أعلى معدلات نقل الطاقة (يُطلق عليها معدَّل القدرة، أو قوة القدرة)، مقارنةً بكل أنواع المكثفات. وهي تخزن الطاقة عبر آليات متنوعة للاستقطاب الإلكتروني على المستوى الجزيئي، أو النانوي[5,6]، حيث تولد هذا الآليات ثنائيات قطبية موجهة، ومجالات كهربائية ثنائية القطب مرتبطة بها. وللحصول على كثافة طاقة مرتفعة، يجب أن تُوجد في المواد العازلة النافذة كثافة عالية من ثنائيات القطب ذات العزوم ثنائية القطب المستحثة (التي تقدِّم مقياسًا على مدى قطبية النظام المشحون). ويعتمد معدَّل قدرة المواد العازلة النافذة على سرعة استقطاب الشحنات، وإزالة استقطابها، أي مدى سرعة إعادة توجيه ثنائيات الأقطاب، استجابةً لتغيُّر المجال الكهربائي المؤثر على النظام. ودائمًا ما تستحيل استعادة كل الطاقة المخزَّنة في المجالات الكهربائية ثنائية القطب عند إزالة الاستقطاب؛ حيث تُترجَم إلى جزيئات واهتزازات (طاقة حرارية)، ومن ثم يضيع جزء من الطاقة على شكل حرارة، ويُطلق على تلك العملية مسمَّى (الفقد في المواد العازلة النافذة).

يعتمد وقت وكيفية بدء تسرُّب الإلكترونات المستقطبة (التوصيل) عبر العازل على خاصية يُطلق عليها (قوة حقل

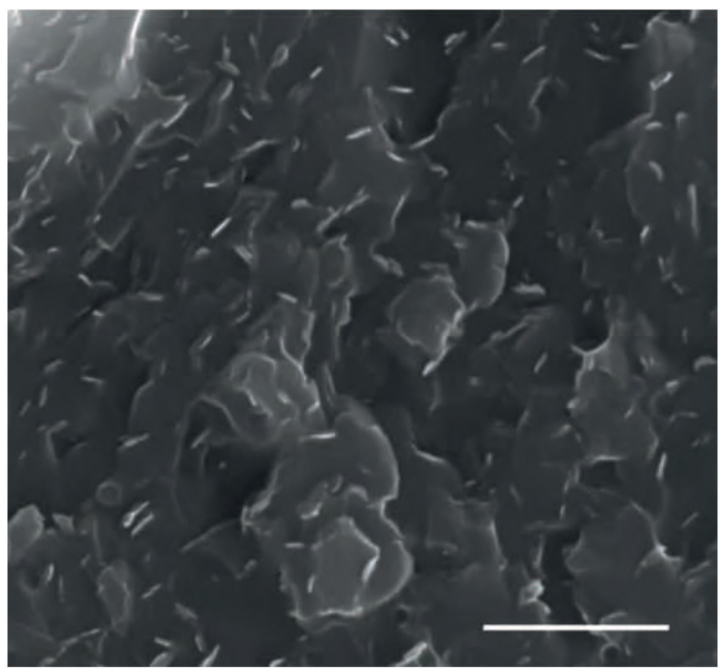
انهيار العازل النافذ (E_b). يمكن أن يحدث تيار تسرُّب صغير نسبيًّا عندما تكون قوى المجال أدنى من قيمة E_b. وبمجرد أن يبلغ الحقل قيمة E_b، حتى يعزز شلالًا من الإلكترونات نحو نطاق توصيل المادة، مؤديًا إلى انهيار فادح في المادة، بتزامن تحوُّل المادة العازلة النافذة من مادة عازلة إلى مادة موصلة، وهو أمر سيئ بالنسبة إلى المكثفات العازلة النافذة. كما يحول تيار تسرُّب الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. وما لم تتم إزالة الحرارة بشكل فعّال، فإن الحرارة الداخلية للمادة العازلة النافذة سترتفع، مما يؤدي إلى تضخُّم الحركة الجزيئية، وتقليل الخواص الميكانيكية للمادة، حتى تصل إلى النقطة التي تولد فيها الإجهادات الكهروميكانيكية آليةً مختلفة لانهيار العازل النافذ، عن طريق خفض قيمة E_b.

سلك الباحثون مسارين مختلفين ومتقاطعين في آن واحد، من أجل البحث عن مواد عازلة نافذة ذات كثافة طاقة مرتفعة، ومعدل قدرة مرتفع، وتحويل منخفض للطاقة الكهربائية إلى حرارة. وقد قاد المسار الأول في اتجاه المواد النقية المتجانسة، القابلة للتصنيع والدمج ضمن مكثفات كبيرة بتكلفة منخفضة. أما المسار الثاني، فقد قاد إلى مركّبات غير متجانسة، ومتعددة الأطوار، حيث تضحي بجزء من سهولة الصناعة وبساطتها؛ من أجل الوصول إلى موازنة مثالية بين الخواص والأداء. تشمل المواد المتجانسة بعض المواد غير العضوية، مثل تيتانات الباريوم BTO، والبوليمرات العضوية، مثل البولي بروبلين ذي التوجه ثنائي المحور (BOPP، وهو حاليًّا أفضل البوليمرات العازلة النافذة)، وبولي فينيلادين الفلوريد PVDF.

تُعَدّ البوليمرات الخيار المفضل للاستخدام في المكثفات الكبيرة، بسبب سهولة تصنيعها، وإمكانية السيطرة على عيوبها، إلا أن قانون "موس" ـ الذي نشأ في مجال أشباه الموصلات[7-9] ـ يقيد الخواص العازلة النافذة للمواد المتجانسة.. فازدياد قابلية الاستقطاب يترافق بثبات مع انخفاض قيمة E_b، وهو ما يقلل أقصى كثافة طاقة حجمية يمكن بلوغها ($\breve{U}$).

قد تتمكن المواد غير المتجانسة من الالتفاف على قانون "موس". وتُعَدّ الدراسات المختلفة على هذه المواد أوتارًا تعزف النغمة نفسها: إن انتشار مادة مالئة ملائمة، مثل BTO في البوليمر، يمكن أن ينتج عنه مركّب ذو قابلية استقطاب عالية، وكثافة طاقة مرتفعة في آن واحد، مع قابلية للتصنيع، كافية لأنْ يتم دمجه ضمن مكثفات كبيرة وموثوق بها، إلا أنه غالبًا ما تتسبب إضافة المادة المالئة في خَفْض كبير في قيمة E_b، مما يلغي أي ميزة بها. ولا زالت مشكلة الفقد في المواد العازلة النافذة، ومشكلة ضبط الحرارة من المشكلات غير المحلولة، على الرغم من أنهما عاملان محوريان في هندسة المكثفات الكبيرة.

يعالج لي وزملاؤه مجموعة مختلفة من القضايا التي بإمكانها أن تتيح للبوليمرات الالتفاف على قانون "موس"، أو حتى خرقه. وقد ذكر علماء من المجموعة البحثية نفسها سابقًا[10] أن مزيج رقائق BNNS مع بوليمر أساسه من مركّب PVDF، تنتج عنه زيادة ملحوظة في كل من قيمة E_b، وكثافة الطاقة الحجمية $\breve{U}$، وكفاءة الشحن-التفريغ (نسبة الطاقة المخزنة الصادرة عند التفريغ)، والصلابة، والتوصيل الحراري، وهذا مقارنةً بالبوليمرات النقية. وقد أُرجعت هذه التحسينات إلى إخماد تيارات التسريب، عن طريق مزيج BNNS. وقد حققت هذه المركبات النانوية قِيَمًا لكثافة الطاقة الحجمية، تصل إلى 10 أضعاف قيم نظيرتها في مركبات BOPP، إلا أنها بقيت تعاني مِن فَقْد مرتفع في المواد العازلة النافذة، يرتبط بالبوليمر المضيف.



الشكل 1 | مادة عازلة نافذة عند درجات حرارة مرتفعة. صَنَعَ لي وزملاؤه[4] مادة مركّبة، نشروا فيها شرائح نانوية من مزيج رقائق نتريد البورون النانوميترية BNNS، بحيث تكون متشابكة بوليمريًّا مع مركّب بينزوسيكلوبيوتين BCB. يوضح هذا المخطط الميكروي مزيج BNNS كبقع فاتحة على خلفية داكنة من البوليمر. وهناك خواص أفضل للمركّب عند استخدامه كمادة عازلة نافذة في تطبيقات تخزين الطاقة، مقارنةً بأفضل المواد العازلة النافذة البوليميرية المتوفرة، كما أن المركّب يعمل عند درجات حرارة أعلى. ومقياس الرسم: 5 ميكرومترات (الصورة من المرجع رقم 4).

دمج لي وزملاؤه في عملهم الحالي مزيج BNNS مع مركّب يُطلق عليه (بينزوسيكلوبيوتين)، أو اختصارًا.. BCB، ومن ثم قاموا بعمل تفاعل لجزيئات مركّب BCB؛ لتكوين مركّبات نانوية من مزيج BNNS، متشابكة بوليمريًّا مع مركّب BCB. وتُعتبر الخواص العازلة النافذة لهذه المركّبات ثابتة جيدًا في مجال واسع من درجات الحرارة (من درجة حرارة الغرفة، حتى 300 درجة مئوية)، ومجال واسع من الترددات (من 100 هرتز إلى ميجاهرتز واحدة). وقد تفوقت مركّبات c-BCB/BNNS بشكل كبير من حيث كثافة الطاقة الحجمية، وكفاءة الشحن/التفريغ عند 150 درجة مئوية على البوليمرات الأخرى المصمَّمة للعمل عند درجات حرارة مرتفعة. كما حافظت على قِيَم معبرة ومقبولة، حتى عند الوصول إلى درجة حرارة 300 درجة مئوية، وهو أكثر بمقدار 200 درجة مئوية من الحدّ الحراري للاستخدام العملي لمركّب BOPP، في حين لم يصل أي من بوليمرات الحرارة المرتفعة المرشحة الأخرى ـ التي قام لي وزملاؤه بدراستها ـ إلى مستويات مماثلة من أداء المواد العازلة النافذة في درجات حرارة مرتفعة كهذه.

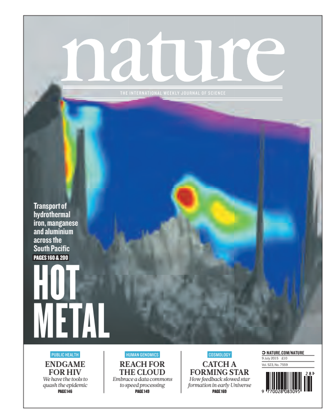
لاحظ لي وزملاؤه أن مزيج BNSS ثَبَّط تيار التسريب في المركّبات النانوية بمقدار عشرة أضعاف، مقارنةً بالمركّب الأصلي c-BCB، وذلك حتى عند درجات حرارة مرتفعة. كما زاد مزيج BNNS أيضًا من قيمة E_b للبوليمر بشكل ملحوظ بما يقارب 30-50%. ولا بد من إجراء المزيد من الأبحاث؛ من أجل فهم أعمق للآليات الكامنة وراء تثبيط تيار التسريب، وانهيار الخواص العازلة النافذة بواسطة مزيج BNSS، وهو ما يشكل أساس قدرة مركّب c-BCB/BNNS على الالتفاف على قانون "موس". وأخيرًا، سجَّل الباحثون أن مزيج BNSS يزيد من التوصيل الحراري للبوليمر بستة أضعاف، بينما يزيد من الصلابة بمقدار الضِّعف في درجات الحرارة الأعلى من 150 درجة مئوية. وتساعد هذه الخواص مركبات c-BCB/BNNS على البقاء باردة، وعلى الحفاظ على الثبات الكهروميكانيكي أثناء دورات الشحن/التفريغ المستمرة، مما يقل ـ أو يلغي ـ الحاجة إلى أنظمة ضبط الحرارة الخارجية.

لعل إحدى مساوئ المركّبات الجديدة كون مركب BCB أغلى ثمنًا في الإنتاج من سلفه المونمري (مركّب BOPP)، كما أن خلط مزيج BNNS في مركب c-BCB يمثل خطوة تصنيع إضافية، مقارنة بتصنيع البوليمر النقي. ويبقى من الضروري ملاحظة تأثيرات مزيج BNNS على عدد العيوب، وعلى درجة الاعتماد طويلة الأمد على المركبات، غير أن الحِمْل المنخفض نسبيًّا، الناتج من المواد المالئة للمركبات النانوية، بالإضافة إلى حقيقة أن التشابك غير القابل للانعكاس يمكن أن يُستحَثّ بالحرارة، أو التعريض لأشعة الضوء فوق البنفسجية، سوف يسهلان تطوير مراحل (لف المواد لإنتاج شرائح إلكترونية)، بغرض إنتاج شرائح بوليمر عازلة نافذة، مما يساعد في التحكم في تكلفة تصنيع المكثفات. وإذا ما أمكن ترجمة ميزات مالئات مزيج BNSS إلى بوليمرات عازلة أخرى، ذات قابلية استقطاب أعلى من c-BCB، عندها سيكون من المتوقع حدوث تطورات جوهرية في كثافة طاقة التفريغ، وكذلك في انخفاض حجم مكثفات الإلكترونيات في أنظمة الطاقة. ■

هاري بلوين من قسم الهندسة الكيميائية، جامعة ساوث كارولاينا، كولومبيا، ساوث كارولاينا ، 29208. الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: ploehn@mailbox.sc.edu

1. Carrasco J. M. *et al. IEEE Trans. Ind. Electron.* **53,** 1002–1016 (2006).
2. Emadi, A. *et al. IEEE Trans. Power Elect.* **21,** 567–577 (2006).
3. Barshaw, E. J. *et al. IEEE Trans. Magn.* **43,** 223–225 (2010).
4. Li, Q. *et al. Nature* **523,** 576–579 (2015).
5. Raju, G. G. *Dielectrics in Electric Fields* (Dekker, 2003).
6. Nelson, J. K. *Dielectric Polymer Nanocomposites* (Springer, 2010).
7. Ziman, J. M. *Principles of the Theory of Solids* 2nd edn (Cambridge Univ. Press, 1972).
8. Van Vechten, J. A. *Phys. Rev.* **182,** 891–905 (1969).
9. Wemple, S. H. & DiDomenico, M. Jr *Phys. Rev. B* **3,** 1338–1351 (1971).
10. Li, Q. *et al. Energy Environ. Sci.* **8,** 922–931 (2015).

ملخصات الأبحاث



غلاف عدد 9 يوليو 2015

طالع نصوص الأبحاث في عدد 9 يوليو من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

جينوم

اختلافات مميثلة جديدة للحمض النووي

كجزء من مشروع خريطة طريق الجينوم الفوقي، قدَّم جوزيف إيكر وزملاؤه خرائط على نطاق الجينوم لمثيلة الحمض النووي والترانسكريبتومات، بالاقتران مع فك تتابع الحمض النووي الجينومي من 18 نوعًا مختلفًا من أنواع الأنسجة البشرية الأولية من أربعة أفراد. ويكشف تحليل مجموعات البيانات مثيلة تفاضلية على نطاق واسع لمواقع CG بين الأنسجة. والمثيلة في العناصر التنظيمية عمومًا لديها علاقة سلبية بالتعبير الجيني، كما هو متوقع. وقد تم العثور على كمية مدهشة من مثيلة غير CG في جزء من التجمعات السكانية الثانوية من الخلايا في العديد من الأنسجة.

Human body epigenome maps reveal noncanonical DNA methylation variation

M Schultz *et al*

doi:10.1038/nature14465

أوبئة

انتشار فيروسات الإنفلونزا

يُظْهِر تحليل لأكثر من 9,000 سياق من سياقات رصْد تركيز فيروسات الإنفلونزا البشرية الموسمية خلال فترة زمنية استمرت 12 عامًا أن أنماط الدوران العالمية لفيروسات A/H1N1 وفيروس B تختلف بشكل ملحوظ عن تلك التي تم تعريفها جيدًا من الفيروسات A/H3N2. وعلى وجه الخصوص، استمرت فيروسات H1N1 منتشرة محليًّا عبر عدة مواسم، ولم تظهر درجة الانتشار العالمي ذاتها لفيروسات H3N2. وقد ربط الباحثون هذه الديناميات مع معدلات التطور المضاد، وأعمار الإصابة، وحجم انتشار الأوبئة.

Global circulation patterns of seasonal influenza viruses vary with antigenic drift

T Bedford *et al*

doi:10.1038/nature14460

بيولوجيا السرطان

الإكسوسومات.. اختبار مبكر للسرطان

تُلْقِي غالبية الخلايا بما يسمى حويصلات خارج الخلية، أو الإكسوسومات، التي تتكون من بروتينات وأحماض نووية محاطة بطبقات ثنائية شحمية فوسفورية. يمكن عزل الإكسوسومات المستمدَّة من الخلايا السرطانية الموجودة في الدورة الدموية لمرضى السرطان، التي تحمل المواد المستمدة من الورم. فقد حدد راجو كالوري وزملاؤه مؤخرًا الإكسوسومات التي تحتوي على العلامة البيولوجية جليبيكان-1 لسرطان البنكرياس المبكر في المرضى، وفي نماذج الفئران المصابة. ومن الجائز أنْ تتيح هذه النتائج اختبارات للكشف المبكر عن سرطان البنكرياس، دون تدخُّل جراحي.

Glypican-1 identifies cancer exosomes and detects early pancreatic cancer

S Melo *et al*

doi:10.1038/nature14581

فيزياء

تغيُّر سريع في أحزمة الإشعاع الأرضي

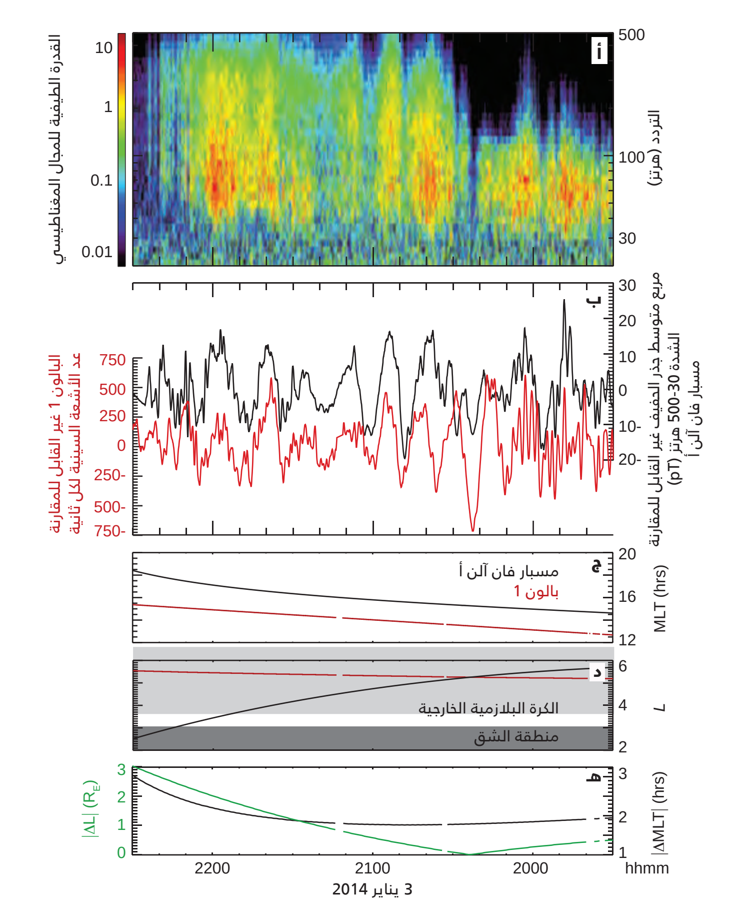
تتكون أحزمة إشعاع فان ألِن من جسيمات نشطة محصورة بالغلاف المغناطيسي للأرض، تتداخل جزئيًّا مع الغلاف البلازمي الكروي، وهو منطقة ذات كثافة مرتفعة، تشارك الأرض الدوران. وعند حدوث هذا التداخل، يحدث فقْد إلكتروني في أحزمة الإشعاع. يتسق الترصد طويل الأمد حتى الآن مع نظرية أن الفقْد الإلكتروني ناتج بشكل كبير عن التفاعل مع موجة البلازما الكهرومغناطيسية، المدعوة (حفيف الغلاف البلازمي الكروي)، لكن ما زالت الديناميّات الزمنية والمكانية لعملية الفقد غير واضحة. تَستخدِم تلك الدراسة قياسات متزامنة للفقد الإلكتروني في حزام الأشعة، وحفيف الغلاف البلازمي الكروي، لبيان أن ذلك الفقد الذي يأخذ شكل الأشعة السينية المتولدة داخل الغلاف الجوي للأرض قد نشأ عن الإلكترونات المتشتتة نتيجةً للحفيف، والمتصادِمة مع متعادلات الغلاف الجوي، وهذا بعد الإزالة من الأحزمة الإشعاعية. كما تتسق ديناميّات الفقْد مع ديناميّات الحفيف على المقاييس المكانية، مقارنةً بحجم الكرة البلازمية، كما أنها معرضة للتغير على المقياس الزمني بمقدار 1-20 دقيقة.

Global-scale coherence modulation of radiation-belt electron loss from plasmaspheric hiss

A Breneman *et al*

doi:10.1038/nature14515

الشكل أسفله | تناسق واسع النطاق بين بيانات القمر الصناعي والبالون. الصورة الطيفة لمجال مغناطيسي (أ) من المجالات الكهربية وأداة موجية على مسبار فان آلن P_A التي تبين الحفيف مع قدرة الذروة عند ترددات 100 هرتز. سعة اهتزازة الحفيف لمربع المتوسط الجذري (r.m.s.) حتى 20 pT التي تتسق مع قيم الأوقات الساكنة، وتبين تقلبات مشابهة لمعدل عد الأشعة السينية على البالون B_I (**ب**)، والناتج عن إلكترونات ذات طاقة 10-200 ك. إ. ف. كلا المنحنيين كانا غير قابلين للمقارنة مع متوسط شاحنة صندوقية قيد التشغيل لفترة 20 دقيقة للتأكيد على التقلبات. تظهر اللوحات **ج-هـ** قيم الزمن المحلي المغناطيسي MLT و L و |ΔMLT| و |ΔL| لكل من مسبار فان آلن P_A والبالون B_I.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فلك

اقتران جاما باندلاع المستعر الأعظم

تشير هذه الورقة البحثية إلى أن المستعر الأعظم SN 2011kl كان مصاحبًا لاندلاع أشعة جاما الفائقة طويلة الأمد GRB { عند z = 0.677، مما يدعم الاقتراح الحديث بوجود فئة جديدة من اندلاع أشعة جاما الفائقة طويلة الأمد (أطول من 10 آلاف ثانية). كان المستعر SN 2011kl أكثر سطوعًا من المستعر الأعظم من النوع Ic المصاحب لاندلاع أشعة جاما طويلة الأمد، كما أن طيفه كان مختلفًا بشكل واضح، مع درجة منخفضة من العتمة لخط المعادن. تم تمثيل خواص الاندلاع المتتابع بأفضل شكل، عن طريق نموذج يتم فيه حقن الطاقة الزائدة من نجم نيوتروني ممغنط بقوة، وهو نوع من الأجسام التي تم اقتراحها سابقًا، كتفسير للمستعر الأعظم فائق السطوع.

Avery luminous magnetar-powered supernova associated with an ultra-long λ-ray burst

J Greiner *et al*

doi:10.1038/nature14579

أمراض الدم

آليّة عمل عقار ليناليدوميد

تمَّ سَحْب عقار الثاليدوميد من الأسواق، بعدما تبيَّن أنه يسبب تشوهات في الأطفال الذين تناولت أمهاتهم الدواء كعلاج ضد الغثيان الصباحي في أواخر الخمسينات وأوائل الستينات. وقد تبيَّن في وقت لاحق أنه يمكن استخدام الثاليدوميد ومشتقاته بنجاح في علاج بعض الأمراض المتعلقة بتكوين الدم، كما أثبت الليناليدوميد (أحد مشتقات الثاليدوميد) أنه علاج فعال لمتلازمة خلل التنسج النقوي (MDS). وقد أظهر بن إيبرت وزملاؤه مؤخرًا السبب وراء فعالية الليناليدوميد بشكل خاص في نموذج del(5q) MDS، وهو نموذج متكرر لمتلازمة خلل التنسج النقوي يحمل عناصر محذوفة في نسخة واحدة من ذراع الكروموسوم 5q. ووجد الباحثون أن الليناليدوميد يقيِّد اليوبيكويتين ليجيز $CRL4^{CRBN}$ E3، ويعزز انحلال الكازين كينيز 1α، الذي تعتمد عليه الخلايا السرطانية للبقاء على قيد الحياة. وإضافة إلى ذلك.. اتضح أن نظيرًا جديدًا من الثاليدوميد (CC-122) لديه قوة أكبر من الليناليدوميد في إحداث الانحلال لركائز CRBN الأخرى، التي تُعتبر مهمة في بعض الأورام الخبيثة من الخلايا البائية.

Lenalidomide induces ubiquitination and degradation of CK1α in del(5q) MDS

J Krönke *et al*

doi:10.1038/nature14610



فلك

قيـود على التشكُّل النجمي

يأخذ داون إرب بعين الاعتبار في هذا الاستعراض دور التفاعلات النجمية في تقييد تشكُّل النجوم، وذلك بتسليط الضوء على شكل الكون في بداياته. تجتمع عدة عوامل لإنتاج هذه التفاعلات.. فالنجوم تتشكل من الغاز، ولذلك.. فعندما تتكون النجوم العملاقة، فهي تزيل المادة الخام؛ لتشكل النجوم اللاحقة، كما تحرِّر النجوم الناشئة كميات ضخمة من الطاقة، يمكنها تسخين الغاز المحيط إلى درجات حرارة مرتفعة للغاية، لدرجة تسمح بتشكُّل نجوم جديدة. يستخلص إرب أنه في الكون المبكر (البالغ من العمر 500 مليون عام)، سمحت التفاعلات النجمية ـ التي خرجت في شكل تدفق غازي على مقياس المجرّات، والمجرّات منخفضة الكتلة ـ بفرار الإشعاع المتأين من المجرّات؛ مما غيَّر تكوين الهيدروجين بين المجرّات من الشكل المتعادل إلى الشكل المتأيِّن.

Feedback in low-mass galaxies in the early Universe

D Erb

doi:10.1038/nature14454

الشكل أعلاه | مجرة الاندلاع النجمي المحلية M82 المرصودة بواسطة تليسكوب هابل الفضائي. الغاز المتدفق، المرئي بالانبعاث من الغاز المتأين المبين باللون الأحمر، الذي يشكل بنية مخروطية ثنائية متمركزة على الاندلاع النجمي بمركز القرص المجري. الصورة من وكالة ناسا، ووكالة الفضاء الأوروبية، وفريق تراث هابل (STScI/AURA)؛ http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2006/14/image/a/.

كيمياء

نقل الإكسيتونات بنطاق الميكرومتر

تقع عملية نقل الطاقة المتماسكة في قلب آلية التمثيل الضوئي في النباتات، وكذلك بمجال الإلكترونيات الجزيئية. ومع ذلك.. فوفقًا لأنظمة التجميع الذاتي الاصطناعية، فإن نطاق هذا النقل عادة يكون محدودًا، بسبب الاضطراب الكامن في النظام، لا سيما في الظروف المحيطة. أوردت هذه الورقة البحثية تطوير ألياف فوق جزيئية، قادرة على نقل الإكسيتونات المفردة عبر مسافات ميكرومترية النطاق في درجة حرارة الغرفة. ويُشار إلى أن هذا الانتقال بعيد المدى يكون متماسكًا في الغالب، وهكذا يمكن أن يُستخدم في تطوير الأجهزة الإلكترونية الجديدة.

Long-range energy transport in single supramolecular nanofibres at room temperature

A Haedler *et al*

doi:10.1038/nature14570

علم الأورام

هدف علاجي لحالات الميلانوما

تستجيب مجموعة استثنائية من المرضى المصابين بالميلانوما لموجة جديدة من العلاجات المستنِدة إلى جهاز المناعة. فقد حددت ستيفاني سبرانجر وزملاؤها تأشيرات WNT / بيتا-كاتينين النشطة كسمة مشتركة في حالات الميلانوما، التي تُظْهِر مقاومة للعلاجات المناعية التي تعمل عبر انسداد نقاط التفتيش عن طريق مضاد-PD-L1 أو مضاد CTLA-4-، وهي ظاهرة مرتبطة باستبعاد الخلايا التائية من البيئة الميكروية للورم. يشير هذا العمل إلى بيتا-كاتينين كمثال على إشارة محددة مكوِّنة للورم، يمكن استهدافها كجزء من استراتيجية العلاج المضاد الأورام.

Melanoma-intrinsic β-catenin signalling prevents anti-tumour immunity

S Spranger *et al*

doi:10.1038/nature14404

علم المحيطات

نقل المعادن الحرارية المائية عَبْر المحيط

تُعَدّ فوّهات المياه الحارة في أعماق البحر مصدرًا مهمًّا للحديد، وهو عنصر شحيح ضروري، يمكنه الحدّ من الإنتاجية البحرية. فقد أثارت الدراسات الحديثة أسئلة حول الرأي القديم القائل إن معظم الحديد المتحرِّر من تلك الفوهات تتم إزالته من مياه البحر القريبة من مصدره، ولذلك.. فإن أهميته محدودة للكيمياء الجيولوجية الحيوية الخاصة بالمحيط. فقد أبلغ جوزيف ريسينج وزملاؤه عن

النقل الثانوي للحديد الذائب الحراري المائي، وعن معادن شحيحة أخرى، من بداية المحيط الهادئ الجنوب شرقي، لأكثر من 4,000 كيلومتر عبر المحيط الهادئ الجنوبي. وعن طريق استخدام بيانات من عيِّنات مجمَّعة من 35 محطة جغرافية مائية، بين مانتا، والإكوادور، وبابيتي، وتاهيتي، قام الباحثون بتقدير مدخلات الحديد الذائب الحراري المائي العالمي إلى المحيط، بكونه على الأقل أربعة أضعاف ما تم تقديره في السابق. وقد أشاروا ـ بمساعدة نموذج دراسة ـ إلى أن الاستقرار الكيميائي الفيزيائي للحديد يتيح للأنشطة الحرارية المائية أن تؤثر بشكل كبير على دورة الكربون، عبر تحفيز نمو العوالق النباتية بالمحيط الجنوبي.

Basin-scale transport of hydrothermal dissolved metals across the South Pacific Ocean
J Resing *et al*
doi:10.1038/nature14577

فيزياء حيوية

تأثير c-di-GMP البكتيري

إن تنسيق عملية الانقسام الخلوي مع عمليات النمو والتمايز هي خاصية أساسية لجميع الكائنات الحية. فالخلايا حقيقية النواة تنظم هذه العملية من خلال نشاط بروتينات السيكلين، وإنزيمات كينيز المعتمدة على السيكلين. يوضح أورس ينال وزملاؤه أنَّ في البكتيريا المائية *Caulobacter crescentus* مستويات متذبذبة من c-di-GMP، المرسال الثاني، تقود دورة الخلية من خلال تنظيم كينيز CckA الأساسي لدورة الخلية. وكلما ازدادت مستوياته خلال الفترة الانتقالية G1-S، يقيد c-di-GMP إلىCckA ؛ ليثبط كينيز، ويحفز نشاط إنزيم الفوسفاتيز، وبالتالي يرخِّص بدء النسخ المتماثل. ينظم c-di-GMP مكانيًّا CckA أثناء انقسام الخلايا، لضمان عدم تماثل التضاعف في الخلايا الوليدة في المستقبل. والتحكم بواسطة c-di-GMP محفوظ في العامل المسبِّب للأمراض النباتية (بكتيريا *Agrobacterium tumefaciens*)، مما يشير إلى آلية عامة، من خلالها ينسق هذا المنظِّم الشامل الفوعة البكتيرية، وانتشار الخلايا.

Cyclic di-GMP acts as a cell cycle oscillator to drive chromosome replication
C Lori *et al*
doi:10.1038/nature14473

علم الوراثة

كروموسوم X يتخذ أشكالًا متعددة

يُعتبر تعويض الجرعة في الدودة الأسطوانية *Caenorhabditis elegans* نموذجًا جيدًا لفهم الدور التنظيمي لكروموسوم ثلاثي الأبعاد في تنظيم التعبير الجيني. فقد استخدمت باربارا ماير وزملاؤها تقنيات التقاط تشكُّل الكروموسوم على نطاق الجينوم في النوع البري من الأجنة الخنثى XX، وتلك التي تفتقر إلى مركب تعويض الجرعة (DCC)؛ للحصول على خرائط ثلاثية الأبعاد لجينوم الدودة الأسطوانية *Caenorhabditis elegans*. يعيد مركَّب تعويض الجرعة (DCC) تشكيل الكروموسومات الخنثى X في التشكُّل المكاني للمجالات المقترنة طبوغرافيًّا، التي تختلف عن ذلك في الكروموسومات الجسمية.

Condensin-driven remodelling of X chromosome topology during dosage compensation
E Crane *et al*
doi:10.1038/nature14450

أحياء مجهرية

التعرف على بكتيريا مجهولة

تنتمي نسبة 15% من البكتيريا إلى شُعَب مختلفة، لا يُعرف عنها سوى القليل، ولم يُستزرع منها عضو واحد. فقد استخدمت جيليان بانفيلد وزملاؤها نهج الجينوم الفوقي؛ لاستكمال 8 جينومات كاملة، و789 مسودة جينومات من أكثر من 35 من البكتيريا التي تم الحصول عليها من مستودع المياه الجوفية المتاخم لنهر كولورادو. وتكشف البيانات تاريخًا تطوريًّا مشتركًا، قاد الباحثين إلى تجميع هذه الشُّعَب تحت اسم Candidate Phyla (CPR) Radiation، كقسم فرعي لشعبة البكتيريا. وتشمل خصائص هذه الكائنات جينومات صغيرة تفتقر إلى العديد من مسارات التخليق الحيوى، وإنترونات التضفير الذاتي، والبروتينات المرمزة ضمن جينات الحمض النووي الريبي، وكذلك تشمل تركيبًا ريبوسوميًّا غير مألوف، يفتقر إلى بروتينات كانت تُعتبر في السابق منتشرة في جميع أنواع البكتيريا. ومن المرجح أن تكون تلك الأنواع البكتيرية من المخمّرات التي تعتمد على الكائنات الحية الأخرى؛ من أجل البقاء على قيد الحياة.

Unusual biology across a group comprising more than 15% of domain Bacteria
C Brown *et al*
doi:10.1038/nature14486

علم المناعة

آلية جديدة للاستجابة المناعية

تصف هذه الورقة البحثية آليّة لم تكن معروفة سابقًا، يمكن من خلالها أن يفرض الجهاز المناعي وقوع استجابة مناعية. فقد استخدم نيكولا جاجليانى وزملاؤه نموذجين للفأر، لرسم خرائط المصير؛ لتعقُّب تطور الخلايا التائية المساعدة لنسب T_H17 خلال الاستجابات الالتهابية/المناعية لتحدي الأجسام المضادة والعدوى البكتيرية. ووجدوا أن خلايا المستجيب T_H17 تخضع لإعادة برمجة وراثية أثناء الاستجابة الالتهابية، وتتحول إلى الخلايا التائية التنظيمية خلال مرحلة القرار. هذا.. ويمكن أن يؤدي الفشل في تنظيم قرار للاستجابة المناعية بشكل مناسب إلى تطوير مجموعة متنوعة من الاضطرابات الالتهابية، والمناعة الذاتية. ولذلك.. فهذه النتائج ذات صلة بتطوير علاجات جديدة.

T_H17 cells transdifferentiate into regulatory T cells during resolution of inflammation
N Gagliani *et al*
doi:10.1038/nature14452

فسيولوجيا الأعضاء

توصيف الخلايا العضلية القلبية

تَبَيَّن مؤخرًا أن الخلايا العضلية القلبية الجديدة في قلب البالغ مستمدة من خلايا عضلية قلبية موجودة من قبل، ولكن أصلها النهائي ما زال غير معروف. وقد طوَّر هشام صادق وزملاؤه استراتيجية لخريطة مصير الخلايا المفتقرة إلى الأكسجين، واستعملوها في قلب فأر؛ لتحديد تجمُّع نادر من الخلايا العضلية القلبية الحلقية النادرة. تُظْهِر هذه الخلايا خصائص الخلايا العضلية القلبية لحديثي الولادة، بما في ذلك حجمها الأصغر، والتكوين أحادي النواة، كما أنها تسهم ـ على نطاق واسع ـ في التشكيل الجديد للخلية العضلية القلبية في القلب البالغ. يبرز تأشير نقص الأكسجين بوصفه عاملًا حرجًا في الحفاظ على الكفاءة التكاثرية للعديد من الخلايا الجذعية، والتجمعات السكانية لخلايا السلف.

Hypoxia fate mapping identifies cycling cardiomyocytes in the adult heart
W Kimura *et al*
doi:10.1038/nature14582

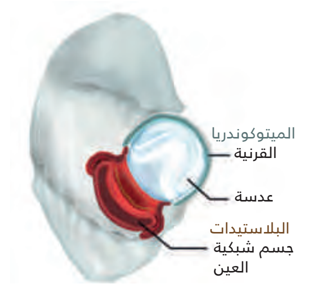
علم الحيوان

عيون العوالق النباتية

تُعتبر العوالق النباتية وحيدة الخلية (المعروفة باسم سوطيات وارنوويد) مثالًا ساطعًا على التنوع الرائع، حيث تمتلك تلك العوالق بداخل الخلية المفردة عيونًا معقدة أو أشباه عيون، لها قرنية، وعدسة، وشبكية مكتملة. وقد حقَّق جريجوري جافيليس وزملاؤه في الأصل التطوري لأشباه العيون تلك، باستخدام نهج الجينوم للعُضَيّة المنفردة في الأنواع *Erythropsidinium sp.* و *Nematodinium*و *Warnowia sp.* المعزولة من المياه البحرية قبالة اليابان وكندا؛ ووجدوا أن أشباه العيون مبنيّة من عضيات موجودة مسبقًا، لها أصل متباين، فالقرنية مشتقة من الميتوكوندريا، والشبكية مشتقة من مجموعة من البلاستيدات، التي يرجع أصلها إلى طحلب أحمر ثانوي.

Eye-like ocelloids are built from different endosymbiotically acquired components
G Gavelis *et al*
doi:10.1038/nature14593

الشكل أسفله | جينومات وبنية العضيات في أشباه العيون. رسم توضيحي لكائن *Nematodinium* يظهر المكونات الأساسية لأشباه العيون مع أصولها العضوية المفترضة.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



غلاف عدد 16 يوليو 2015
طالع نصوص الأبحاث فى عدد 16 يوليو من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم الأورام

الحديث المتبادَل لمستقبِل (PR)

تلعب هرمونات البروجيستيرون ومستقبِلاتها (PR) والإستروجينات ومستقبِلاتها (ERα وERβ) أدوارًا حاسمة في النمو الطبيعي للثدي، وكذلك في حالة الإصابة بسرطان الثدي، حيث تم استخدام هذه المستقبِلات كعلامة تشخيصية على ما إذا كانت سرطانات الثدي سوف تستجيب لمضادات ER، أم لا. لم تكن العلاقة بين وظائف المستقبِلات واضحة تمامًا، حتى اكتشف جيسون كارول وزملاؤه مؤخرًا قطعة رئيسة من هذا اللغز، من خلال إظهار أن مستقبِلات البروجيستيرون تتحكم في وظيفة ERα. وعن طريق إعادة توجيه المكان الذي يرتبط به ERα مع الكروماتين، تعمل مستقبِلات الإستروجين بمثابة الفرامل التكاثرية في أورام الثدي $ERα^{+}$. ووفقًا لذلك.. فإن فقدان جين *PGR* ـ الذي يرمز لمستقبِل البروجيستيرون ـ يرتبط بالنتيجة الأكثر فقرًا في مرضى سرطان الثدي.

Progesterone receptor modulates ERα action in breast cancer
H Mohammed *et al*
doi:10.1038/nature14583

استهداف مركب لتثبيط بروتين p53

يُعتبر جين TP53 القامع للورم واحدًا من الجينات الطافِرة الأكثر شيوعًا في السرطان البشري. وفي حين تتسبب بعض التغيرات الوراثية في خسارته تمامًا، تكون بعض تلك التغيرات طفرات مكتسبة لوظيفة، حيث تكتسب طفرة البروتين p53 خصائص جديدة تعزِّز تكوُّن الأورام. وقد أظهرت يوتي مول وزملاؤها مؤخرًا في نموذج الفأر أن هناك حاجة إلى التعبير عن طفرة p53؛ من أجل تكوين الورم، والحفاظ عليه. وأظهر الباحثون قدرتهم على استهداف طفرة p53 بشكل غير مباشر، عن طريق تثبيط مرافق يسمى Hsp90، وهو المركّب الضروري من أجل الإبقاء على استقرار طفرة بروتين p53. وقد أدَّى هذا النهج في نموذج الفأر المصاب بسرطان الغدد الليمفاوية إلى انحلال طفرة بروتين p53 ، وخفض نمو الورم.

Improving survival by exploiting tumour dependence on stabilized mutant p53 for treatment
E Alexandrova *et al*
doi:10.1038/nature14430

علم النبات

كيف تتعرف البقوليات على البكتيريا

تصيب بكتيريا *Rhizobium* جذور البقوليات، حيث إنها تحفِّز تكوين العُقَد الجذرية المثبِّتة للنيتروجين. وهذه العلاقة التكافلية لها أهمية زراعية، لأنها تقلل الحاجة إلى الأسمدة النيتروجينية، ولكن السؤال الذي يفرض نفسه هو: كيف تتعرف البقوليات على هؤلاء الشركاء النافعين من بين آلاف الأنواع البكتيرية؟ من المعروف أن عديد السكاريد الخارجي ـ الموجود على سطح البكتيريا ـ له أهميته في التفاعلات بين هذه الكائنات الحية الدقيقة، والكائنات متعددة الخلايا، ولذا.. حدَّد جنز ستوجارد وزملاؤه مستقبِل عديد السكاريد الخارجي (EPR3) ، الذي يتوسط التعرف على بكتيريا *Rhizobium* في أحد البقوليات البرية *Lotus japonicas* يستحث التعبير عن مستقبِل EPR3، بناء على إدراك جزيئات التأشير البكتيرية المعروفة باسم "عوامل Nod". ويتعرف المستقبِل على جزيئات عديد السكاريد الخارجي المتوافقة؛ وبالتالي يسيطر على العدوى التكافلية.

Receptor-mediated exopolysaccharide perception controls bacterial infection
Y Kawaharada *et al*
doi:10.1038/nature14611

علم الأمراض

قمْع الشحميّات السفينجولية

إنّ سفينجوزين-1 -فوسفات (S1P) هو وسيط شحمي يتركز في الدم والليمف، وهو المسؤول عن مجموعة من الإشارات التي تنظِّم مجموعة متنوعة من الوظائف الفسيولوجية. يعمل هذا الوسيط عن طريق المستقبِلات المقترنة ببروتين (G)، لتنظيم مرور الخلايا المناعية. وتبيِّن هذه الدراسة أن سفينجوزين-1 -فوسفات يقيَّد إلى مُرَافِقه صميم البروتين الشحم M، معوِّقًا بذلك توليد الخلايا الليمفاوية الجديدة والاستجابات المناعية التكيفية، من خلال تنشيط مستقبِل S1P1 الموجود في أسلاف الخلايا الليمفاوية لنخاع العظم في الفئران. هذا.. ولا توجد حاجة إلى مركب ApoM-S1P من أجل مرور الخلايا الليمفاوية، حيث تفي البلازما S1P بهذه الوظيفة، التي هي هدف عقار المناعة "فينجوليمود"، الذي تم اعتماده مؤخرًا لعلاج التصلُّب المتعدد.

HDL-bound sphingosine-1-phosphate restrains lymphopoiesis and neuroinflammation
V Blaho *et al*
doi:10.1038/nature14462

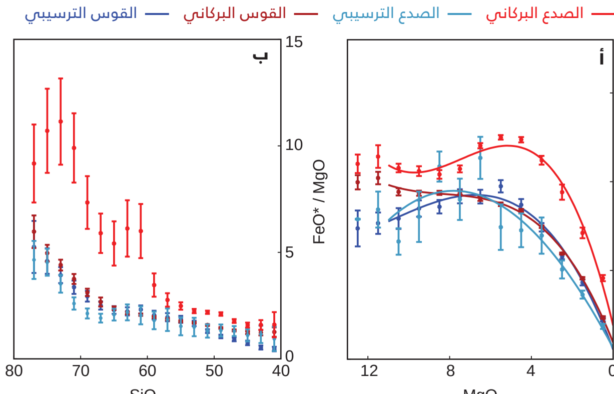
علم الأرض

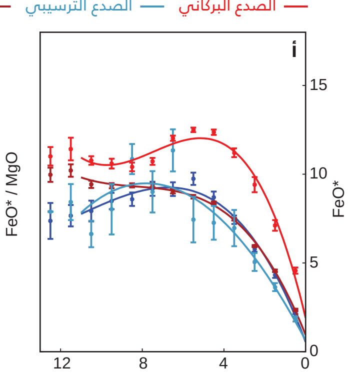
تكوُّن القشرة القارية الصخرية

يقدِّم برينين كيلر وزملاؤه مجموعة بيانات جيوكيميائية عالمية لاثنتين من اللَّبِنَات الأساسية للقشرة القارية، وهي الصخور البركانية (المندلعة إلى الخارج)، والجوفية (المُتَبَيِّسة داخليًّا). تشير نتائجهم إلى أن توجُّهات التمايز من التراكيب البازلتيّة البدائية إلى تراكيب الصخور النارية "الفِلْسِيَّة" felsic، في العينات البركانية مقابل الجوفية، لا يمكن التفريق بينها عن طريق إعدادات منطقة الاندساس، لكنها تتباين بالصدوع القارية. وتشير الإزاحات بأنماط التمايز في العناصر النادرة والرئيسة بإعدادات الصدع إلى وجود محتوى مائي مرتفع بالصهارة الجوفية، مع قابلية انفجار أقل لصهارات السيليكات المائية، مقارنةً ببراكين الصدع الجاف. يشير ذلك العمل إلى أنه في كل الإعدادات التكتونية هناك تَبَلُّر جزئي بديل عن انصهار قشر صخري، يُعَدّ ـ في الأغلب ـ مسؤولًا عن إنتاج الصهارات الوسيطة، والصخور النارية الفِلْسِيَّة.

Volcanic–plutonic parity and the differentiation of the continental crust
C Keller *et al*
doi:10.1038/nature14584

الشكل أسفله | نظام الحديد-المغنيسوم للصخور البركانية والترسيبية الصدعية منها والقوسية. المعروض هو نسبة عدم اليقين بالمتوسط وضعف الخطأ المعياري 2s.e. الخاصين بأكسيد الحديد* (تم معايرة الحديد الكلي كأكسيد الحديد Fe^{+2} ونسبة FeO*/MgO كدالة بوفرة مركب MgO و SiO_2 على التوالي. **أ**، تم توضيح FeO* كدالة بمركب MgO في فترات من 1% من الوزن النوعي. تم من خلال التفريق زيادة نسبة FeO* من 8% من مركب MgO إلى 4% MgO وهو ما يشير إلى اتجاه تفريقي ثوليتي tholeiitic، بينما تخفيض نسبة FeO* تشير إلى اتجاه قلوي. **ب**، تم توضيح FeO*/MgO كدالة بمركب SiO_2 بفترات 2% من الوزن النوعي. يشير تزايد نسبة FeO*/MgO عند محتوى معين من السيليكا إلى المزيد من التفريق الثوليتي.





تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فلك

تفسير الخُطّاف الأزرق لأوميجا قنطورس

كان يُعتقَد أن بعض الحشود الكروية تتكون من تجمُّع مفرد من فرع نجوم أفقي عند مرحلة متقدمة من التطور النجمي، التي تحتوي أيضًا على نجوم "الخُطّاف الأزرق" الساخنة. تبرهن تلك الدراسة للحشد الكروي أوميجا قنطورس على أن النطاق المرصود للسطوع الخاص بنجوم الخطاف الأزرق يمكن تفسيره بنجاح بواسطة نموذج، تكون فيه أسلافها هي الجيل الثاني من نجوم غنية بالهيليوم، تتسم بمدى من معدلات الدوران، تظهر أثناء تطوُّر الحشد المبكر للغاية.

Rapidly rotating second-generation progenitors for the 'blue hook' stars of ω Centauri

M Tailo *et al*

doi:10.1038/nature14516

تحديد فوليرين C_{60} بدَرْب التبانة

كانت عالمة الفلك ماري لي هيجر في مرصد "ليك" أوّل مَنْ رصد ما أُطلق عليها "حزم الانتشار بين النجمي" في عام 1919. كانت تلك الحزم بمثابة خطوط امتصاص مرئية باتجاه النجوم الحمراء، على الرغم من أن المئات منها معروف الآن، إلا أنه لم يتم تحديد واحد من الجزيئات المتسبِّبة في ظهور تلك الخطوط بشكل قاطع. أبلغ بيرنارد فوينج، وباسكال إيرينفرويند في عام 1994 عن اثنين من حِزَم الانتشار بين النجمية ذات أطوال موجية تقترب من تلك الخاصة بحِزَم الامتصاص الخاصة بالفوليرين C_{60}^+، التي تم قياسها بمصفوفة النيون. وينتظر التحديد الأكثر دقة طَيْف الطَّوْر الغازي لـC_{60}^+. يقدِّم جون ماير وزملاؤه قياسات مختبرية لطيف الطور الغازي الخاص بـC_{60}^+، ويؤكدون على أن حِزَم الانتشار بين النجمية ـ المرصودة بواسطة فوينج، وإيرينفرويند ـ تنشأ من C_{60}^+. ومثلما تم الكشف عن C_{60} بمختلف السُّدُم، وذلك من خلال الكشف عن الطيف تحت الأحمر الخاص بها، فإنه يمكن إضافة الرصد الجديد بدرب التبانة فقط إلى دور الفوائد الجارية بالفوليرينات الفلكية.

Laboratory confirmation of C_{60}^+ as the carrier of two diffuse interstellar bands

E Campbell *et al*

doi:10.1038/nature14566

الشكل أعلاه | نموذج نظري لنمو البيروفسكايت الترسيبية على النقاط الكمية الغروية CQDs. أ، نموذج ذري ثلاثي الأبعاد للنقاط الكمية الغروية بمصفوفة بيروفسكايت. ب، المقطع العرضي (منظور ثنائي الأبعاد) لنقطة كمية غروية مفردة بالبيروفسكايت. هنا، وبـ (ج) و (د) تمثل الألوان التالية: الرمادي، الرصاص؛ الأرجواني، اليود؛ الأصفر، الكبريت. جميع أوجه النقاط الكمية الغروية تتطابق مع البريوفسكايت بشكل جيد. ج،د، تبين نمذجة البنية البلورية لكبريتيد الرصاص الثنائي PbS ومركب بيروفسكايت يود رصاص ميثيل الألمونيوم MAPbI3 وأسطحها البينية أن البيروفسكايت يتطابق بشكل جيد مع كبريتيد الرصاص الثنائي بكل من السطح X–Z (ج) والسطح X–Y (د).

هندسة كيميائية

مركّبات البيروفسكايت تنضم إلى النقاط الكَمِّيَّة

إنّ الخواص الكهربائية البصرية لأشباه موصِّلات بيروفسكايت الهاليدات العضوية ذات قابلية واعدة للتطبيق في الجيل التالي من الخلايا الشمسية. يبرهن زيجون نينج وزملاؤه على استخدام قوي آخر محتمَل لمثل تلك المواد: كوَسَط مضيف للنقاط الكَمِّيَّة الغروية. وتكمن السمة المهمة لتلك المنظومة الهجين في التوثيق ذَرِّيّ النطاق شبه المثالي عند السطح البيني بين النقاط الكمية، ومصفوفة البيروفسكايت، وهو ما تنتج عنه مادة تجمع بسلاسة بين النقل الكهربي الكفء للبيروفسكايت، والكفاءة الإشعاعية المرتفعة للنقاط الكمية.

Quantum-dot-in-perovskite solids

Z Ning *et al*

doi:10.1038/nature14563

فيزياء حيوية

نظرة بشأن تطوُّر التنظيم الجيني

تَبَيَّنَ أن التفاعلات المشروطة، وهي التفاعلات التي يرتبط بها تأثير طفرة بطفرة أخرى، تعوق التطور داخل البروتينات المفردة، لكن الكيفية التي قد تحكم بها تلك التفاعلات شبكات الجينات التنظيمية الأوسع ظلت افتراضية إلى حد كبير. وقد أظهر ألكساندر جونسون وزملاؤه مؤخرًا أن مظهر مواقع تقييد Ste12 في الحمض النووي التنظيمي للجينات المحددة لنوع التزاوج في مسار استجابة الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* استلزم اعتمادًا مسبَقًا لقمع α2 في مسار نوع التزاوج لسلفه المشترَك مع *Kluyveromyces lactis*. وبالتالي، فالاحتمال التاريخي غير الواضح من التدقيق في العوامل التنظيمية الفردية ـ مثل بروتين تقييد الحمض النووي المفرد، أو المحسّن النَّسْخي المفرد ـ قد ينتج عن قيود على مستوى النظم، تؤثر على تطوُّر المسارات التنظيمية، التي تشترك في بعض مكوناتها.

Intersecting transcription networks constrain gene regulatory evolution

T Sorrells *et al*

doi:10.1038/nature14613

كيمياء حيوية

دوران بروتين غشاء البكتيريا

تحتاج البكتيريا سلبية الجرام أن تتأكد من أنّ لديها بروتينات الغشاء الخارجي (OMPs) المناسبة لمواجهة الظروف البيئية المتغيرة، لكن لم تكن آلية دوران تلك البروتينات واضحة. فقد استخدم كولن كلينثوث وزملاؤه التوسيم الفلوري؛ لإظهار أن هذه العملية في بكتيريا *Escherichia coli* سلبية وثنائية في الطبيعة. وتشكِّل بروتينات الغشاء الخارجي جُزُرًا يَعتمِد فيها انتشار البروتينات الفردية على التفاعلات الجانبية مع بروتينات الغشاء الخارجي الأخرى. كما يتم إدراج البروتينات الجديدة في منتصف الخلية، بحيث تتم إزاحة جُزُر بروتينات الغشاء الخارجي الأقدم إلى أقطاب الخلايا النامية.

Supramolecular assemblies underpin turnover of outer membrane proteins in bacteria

P Rassam *et al*

doi:10.1038/nature14461

بيولوجيا السرطان

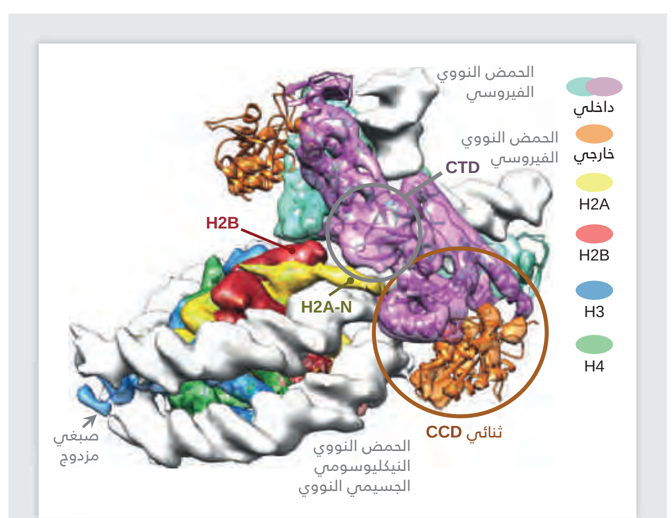
بدائل لعقار "أبيراتيرون"

تم تصميم "أبيراتيرون" Abiraterone كعقار لعلاج المرضى المصابين بسرطان البروستاتا المقاوِم للاستئصال، وهو السرطان الذي لا يستجيب لمضادات الأندروجين. يعمل "أبيراتيرون" ـ بدلًا من ذلك ـ عن طريق تثبيط إنزيم CYP17A1، وهي خطوة أساسية في التخليق الحيوي لهرمون التستوستيرون والأندروجينات الأخرى. وفي تطوُّر جديد لهذه النتائج، أظهر نيما شريفي وزملاؤه مؤخرًا أن الأبيراتيرون يتعرض للأيض في أورام البروستاتا، مما ينتج عنه مركّب D4A، الذي يثبط عدة إنزيمات في مسار تخليق الأندروجين، بما فيها إنزيم CYP17A1، كما يناهض مستقبلات الاندروجين أيضًا. ويتسم D4A بنشاط مضاد للورم، أكثر قوة في النماذج الحيوانية، ويمكن أن يؤدي إلى علاجات أكثر فعالية، ولا سيما في ضوء بعض القيود، لتوافر أبيراتيرون.

Conversion of abiraterone to D4A drives anti-tumour activity in prostate cancer

Z Li *et al*

doi:10.1038/nature14406



علم الفيروسات

إبراز تفضيل تكامُل الفيروسات الرجعية

تمتلك الفيروسات الرجعية ـ مثل فيروس نقص المناعة البشرية ـ جينومًا من الحمض النووي الريبي، الذي يتم نسخه عكسيًّا إلى الحمض النووي مزدوج الجديلة، والذي يُدرج لاحقًا في الجينوم المضيف. وعملية الاندماج تنطوي على وجود مركّب إينتازوم intasome، وهو مركّب رباعي الوحدات من بروتينات الإنزيم المدمّج المقيَّدة إلى نهايات الحمض النووي الفيروسي المتفاعلة مع كروماتين المضيف. وقد حَلّ بيتر تشيريبانوف وزملاؤه بِنْيَة الإينتازوم في تفاعلها مع الجسيم النووي، وهي الكتلة الأساسية من الكروماتين، التي تتألف من الهيستون ثُماني الوحدات، الذي يتم تخزين الحمض النووي حوله. ووجد الباحثون أن الإينتازوم يرفع الحمض النووي قبالة الهيستون ثُماني الوحدات في منطقة المثنوي المغايِر H2A-H2B. تبيِّن هذه الخاصية موقع تكامل الحمض النووي الفيروسي، ويؤدي إلغاء هذه الاتصالات إلى فقدان تفضيل تَمَوْضُع التكامل.

Structural basis for retroviral integration into nucleosomes

D Maskell *et al*

doi:10.1038/nature14495

الشكل أعلاه | بنية مركب الإنتاسوم-جسيم نووي. خريطة كثافة الإلكترونات المجزأة كسطح شبه شفاف مع إنتاسوم تم إرساؤه وبنى الجسيم النووي كما هو موضح في الشرائط. H2B، ذيل النهاية الأمينية للسلسلة عديدة الببتيد من H2A (H2A-N) ، CTD ويشار إلى واحد من ثنائيات CCD.

علم الأعصاب

جهاز ليمفاوي للدماغ

يقع الجهاز العصبي المركزي تحت مراقبة مناعية مستمرة، لكن لم يكن مسار الخروج للخلايا المناعية واضحًا، حيث كان يُعتقَد أن الدماغ يفتقر إلى نظام تصريف لِيمفاوي كلاسيكي. أظهر جوناثان كيبنيس وزملاؤه مؤخرًا أن الدماغ يملك بالفعل أوعية ليمفاوية وظيفية، تقع في السحايا، وأن هذه الأوعية قادرة على حمْل كل من السوائل وخلايا المناعة من السائل الدماغي النخاعي. ويشير وجود الجهاز الليمفاوي الكلاسيكي في الجهاز العصبي المركزي إلى أن التفكير الحالي بشأن تحمُّل الدماغ وامتياز المناعة للدماغ ينبغي أن يعاد النظر فيه. وقد يكون الخلل في الأوعية الليمفاوية السحائية هو السبب الأساسي وراء حدوث مجموعة متنوعة من الاضطرابات العصبية المناعية.

Structural and functional features of central nervous system lymphatic vessels

A Louveau *et al*

doi:10.1038/nature14432

بيولوجيا الخلية

بيئة ملائمة للخلايا الجذعية

توفِّر البيئة الملائمة للخلايا الجذعية إشارات قصيرة المدى، تستجيب لها الخلايا الجذعية فقط، وليست ذُرِّيَّتها المتمايزة، لكن كيفية حدوث هذه الاستجابة المميزة ما زالت غير واضحة. أورد يوكيكو ياماشيتا وزملاؤه أن الخلايا الجذعية للسلالة الجرثومية لذَكَر ذبابة الفاكهة، والأنابيب النانوية والممتدة إلى المحور تتوسط في عملية تأشير الخلايا الجذعية البيئة الملائمة. تحمل هذه الأنابيب النانوية مستقبِلات للإشارات المرسَلة من البيئة الملائمة، والمطلوبة لنقل هذه الإشارات ذاتية التجديد إلى الخلايا الجذعية للسلالة الجرثومية.

Nanotubes mediate niche–stem-cell signalling in the Drosophila testis

M Inaba *et al*

doi:10.1038/nature14602

تتبُّع تقلُّبات حجم الخلية

تتضاعف الخلايا البكتيرية تقريبًا في الحجم قبل كل نقسام، وهي عملية صاخبة بطبيعتها، لكن ما زالت الآليّات التي تضمن توازن حجم الخلية غير معروفة. ومؤخرًا، قدَّر لينجتشونج يو وزملاؤه نمو الخلايا المفردة كَمِّيًّا، على مدى فترات طويلة من الزمن في بكتيريا *Escherichia coli*، ووصفوا التذبذبات العابرة مع فترات تمتد عبر أكثر من عشرة أجيال. وبالجمع بين نماذج حاسوبية مع البيانات الكمية، اقترح الباحثون ردود فعل سلبية صاخبة؛ للتحكم في حجم الخلية ـ تميل الخلايا الصغيرة حديثة الولادة إلى الانقسام مبكرًا عن الخلايا الكبيرة حديثة الولادة ـ مع الآثار المترتبة على العمليات الوراثية والفسيولوجية المطلوبة.

A noisy linear map underlies oscillations in cell size and gene expression in bacteria

Y Tanouchi *et al*

doi:10.1038/nature14562



غلاف عدد 23 يوليو 2015

طالع نصوص الأبحاث فى عدد 23 يوليو من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم المناعة

التوقيت المنتظم للجهاز المناعي

في النباتات، كما في العديد من الكائنات الحية حقيقية النواة، تضمن الساعة البيولوجية تقلبات إيقاعية يومية في العمليات البيولوجية، ليس فقط بالتأثير على نسخ الجين، ولكن أيضًا عن طريق تعديل حالة الأكسدة والاختزال لكائن الحي. ولا تزال الآلية الجزيئية التي ترتبط بها إيقاعات الأكسدة والاختزال بالساعة البيولوجية والتأثير الحيوي لتفاعلات الأكسدة والاختزال غير واضحة. وقد حدَّد شين نيان دونج وزملاؤه منظِّمًا غير متوقع من إيقاعات الأكسدة والاختزال في نبات *Arabidopsis*. ووجد الباحثون أن منظِّم المناعة الرئيس NPR1 يستشعر حالة الأكسدة والاختزال في النبات، وينظم نسخ جينات الساعة البيولوجية الأساسية في الصباح والمساء، بصرف النظر عن العدوى المسبِّبة للأمراض. وتساعد هذه العمارة الشبكية النباتات؛ لتوجيه استجاباتها المناعية للصباح؛ مما يقلل من التأثير على النمو، الذي يحدث أثناء الليل.

Redox rhythm reinforces the circadian clock to gate immune response

M Zhou *et al*

doi:10.1038/nature14449

علم الحيوان

خلايا السرعة الشَّمِّيَّة الداخلية

افتُرض منذ فترة طويلة أنه في القشرة الشمية الداخلية، تتطلب خلايا الشبكة معلومات عن سرعة ركض الحيوانات، من أجل ترميز حقول الإطلاق المكانية الدورية بشكل صحيح، كلما تحرك الحيوان خلال بيئته. ومع ذلك.. فإن مصدر معلومات سرعة إرسال هذه الإشارة لم يتم تحديده مسبقًا. وهنا، عَزَلَ إدوارد موسر وزملاؤه فئة معينة من الخلايا العصبية في القشرة الشمية الداخلية الوسطى (MEC) التي ترمِّز المعلومات خَطِّيًّا على سرعة الركض على أساس معدلات الإطلاق العصبية. و"خلايا السرعة" هذه تختلف عن غيرها من سائر الخلايا العصبية بالقشرة الشمية الداخلية الوسطى المحددة وظيفيًّا، وترمز السرعة بطريقة مستقلة عن السياق.

Speed cells in the medial entorhinal cortex

E Kropff *et al*

doi:10.1038/nature14622

تطوير نموذج تطعيم سمكة الزرد

تمت هندسة سمكة الزرد الناضجة وراثيًّا لتكون بمثابة منظومة جديدة تنافسية لزرع النخاع. يُستخدم زرع الخلايا الجذعية المنتجة للدم وخلايا السلف ـ مع دفعات من نخاع العظام أو خلايا الدم المحيطة السلفية ـ إكلينيكيًّا لعلاج أنواع معينة من السرطان وأمراض الدم والجهاز المناعي، لكننا ما زلنا لا نفهم سوى القليل جدًّا عن كيفية تطعيم المضيف بالخلايا الجذعية المنتجة للدم وخلايا السلف. طوَّر ليونارد زون وزملاؤه نظام تطعيم نخاع تنافسي في سمكة الزرد البالغة، التي يقاس فيها التطعيم عن طريق التصوير الفلوري في الجسم الحي للكلى، باعتبارها الموقع المنتِج للدم في البالغين. وباستخدام هذا النموذج للكشف عن تعزيز نشاط التطعيم، حدَّد الباحثون أحماض "إبوكسيكوسترينويك" EET، بما في ذلك حمض 11,12 و14,15 إبوكسييكوساترينويك، كعوامل قادرة على تعزيز التطعيم ومواصفات الخلايا الجذعية المنتجة للدم وخلايا السلف، من خلال تنشيط برنامج التعبير بواسطة عامل النَّسْخ Runx1. يتم حفظ نشاط تأثير أحماض إبوكسيكوسترينويك في الفئران، مما يشير إلى إمكانية تعزيز عمليات زرع نخاع العظام إكلينيكيًّا.

Epoxyeicosatrienoic acids enhance embryonic haematopoiesis and adult marrow engraftment

P Li *et al*

doi:10.1038/nature14569

علم الأرض

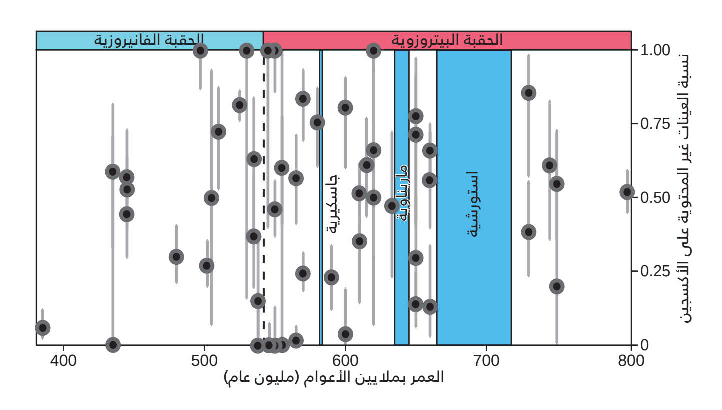
سجِلّ طويل الأمد لتأكسد المحيط

تُستخدم قياسات الحديد بالصخور القديمة في إعادة بناء كيمياء تأكسُد المحيطات القديمة. وتعكس البيانات غير المباشرة لذلك الحديد البيئةَ المحلية، ورغم ذلك.. فإنه من العسير التوصل إلى الاستنتاجات الملائمة للظروف البيئية السابقة على نطاق عالمي. وتقدم هذه الدراسة تحليلات إحصائية شاملة لأكثر من 4,000 قياس للحديد من الطَّفْل الصفحي، والأحجار الطينية، التي تمتد لفترة بين 2,300 و360 مليون عام، والتي توفر صورة شاملة لظروف التأكسد المحيط السابقة. وتشير التحليلات إلى أن طَوْر التأكسد لعمق المحيط ظل غير محتوٍ على الأكسجين، لكنه كان محتويًا علَى الحديد، على مدار حقبة الحياة الأولية، بلا أي تغيير يُعتدّ به إحصائيًّا بمحتوى الأكسجين عبر الحقب الإدياكارية والكمبرية، مما يحدّ من قيمة الارتفاع الحادث بنهاية حقبة الحياة الأولية في مستويات الأكسجين.

Statistical analysis of iron geochemical data suggests limited late Proterozoic oxygenation

E Sperling *et al*

doi:10.1038/nature14589



الشكل أسفله | تحليل غير مرتب لنسبة من العينات غير المحتوية على الأكسجين من كل منطقة للفترة بين 360-800 مليون عام مضت. تقوم الأعمار للمناطق المختلفة على أفضل التقديرات الجيولوجية؛ عينات حقبة الحياة الأولية الجديدة من المنطقة نفسها التي تم فصلها اعتمادًا على العصور الجليدية الاستورشية Sturtian والماريناوية Marinoan والجاسكيري Gaskiers، أو رحلة نظير كربون شورام Shuram بمنتصف الحقبة الإدياكارية Ediacaran ومكافِئاته، والحد بين الحقبتين الإدياكارية والكمبرية. تمثل الأشرطة الرمادية فترات تبلغ 95% من الثقة ثنائية الحد.

كيمياء حيوية

بِنْيَة ناقل ABC

تقدم هذه الورقة البحثية البِنَى البلورية بالأشعة السينية لناقل ABC بروتين-تغيُّر الموضع، وهو إنزيم ببتيديز ناقل الكاسيت المقيد لأدينوزين ثلاثي الفوسفات (PCAT) المستخرَج من بكتيريا *Clostridium thermocellum*، في حضور وغياب لأدينوزين ثلاثي الفوسفات. تشير البِنَى ومتابعة التجارب الكيميائية الحيوية إلى أن مسار النقل في هذا البروتين هو برميل حلزوني- ألفا كبير يخترق تقريبًا الطبقة ثنائية المادة الشحمية بأكملها؛ وأن تجويف البرميل هذا كبير بما فيه الكفاية؛ لاستيعاب بروتين صغير طُوِيَ بشكل كامل. وتنتشر إنزيمات ببتيديز ناقل الكاسيت المقيد لأدينوزين ثلاثي الفوسفات (PCAT) في جميع بدائيات النوى، حيث تصدِّر في البكتيريا إيجابية الجرام حصة الاستشعار، وعديد الببتيد المضاد للميكروبات، أمّا البكتيريا سلبية الجرام، فتتفاعل مع غيرها من بروتينات الغشاء، كجزء من نظام إفراز من النوع الأول.

Crystal structures of a polypeptide processing and secretion transporter

D Lin *et al*

doi:10.1038/nature14623

بيولوجيا الخلية

القرابة الأبوية، والصفات الوراثية

يحقق هذا التحليل الإحصائي الفوقي لاتحاد مكوَّن من 102 جماعة، وأكثر من 350 ألف فرد، تأثيرات ظاهرة متماثل الزيجوت على الصفات المؤثرة على الصحة العامة، من خلال مراقبة قطاعات متماثلة الزيجوت المتجاورة ROH، التي تكون متجانسة اللواقح على طول امتدادها الكامل. وبالتركيز على 16 صفة كَمِّيَّة متعلقة بالصحة، وجد الباحثون روابط ذات دلالة إحصائية بين أشواط التشغيل الملخصة لمتجانسة اللواقح، وأربع صفات معقدة: الطول، وحجم الرئة تحت الزفير الإجباري في الثانية، والقدرة المعرفية العامة، والتحصيل الدراسي. وفي كل حالة، ارتبطت زيادة تَجَانُس اللواقح بانخفاض قيمة الصفة. ولم يُلاحَظ وجود أي دليل على أن تجانس اللواقح على نطاق الجينوم يؤثر على ضغط الدم، وكوليسترول البروتين الشحمي منخفض الكثافة، أو عشر صفات قلبية أيضية أخرى.

Directional dominance on stature and cognition in diverse human populations

J wilson *et al*

doi:10.1038/nature14618

كيمياء

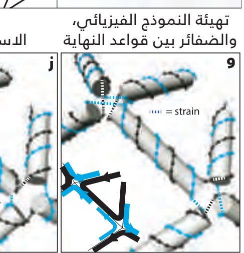
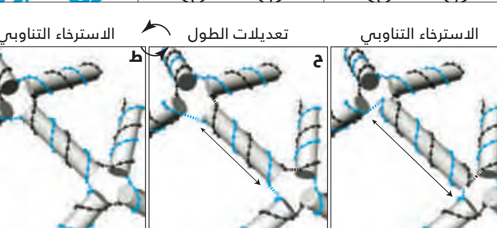
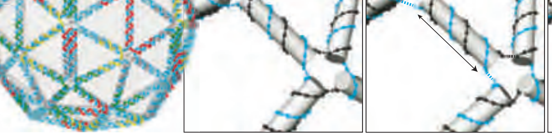
تخليق الأمين عديم التناظر المرآتي

تعمل الإيمينات ـ وهي التي تحتوي على روابط مزدوجة من الكربون-النيتروجين ـ بمثابة مُحِبَّة للإلكترونات أثناء تخليقها، ولكن نطاق الأمينات القابلة للتخليق يمكن أن يتسع، إذا أصبحت ذرة كربون الإيمين غنية بالإلكترونات؛ للسماح لها بالقيام بدور مُحِبَّة النواة. وقد طَوَّرَ لي دينج الطريقة التي تحقِّق ذلك تمامًا. وأورد الباحثون اكتشاف وتطوير محفِّزات نقل المرحلة عديمة التناظر المرآتي، التي تعزز تفاعلات غير متماثلة، ذات كفاءة عالية من الإيمينات والإينالات. يوفر التفاعل نهجًا جديدًا من الناحية النظرية والعملية نحو تخليق المركبات الأمينية عديمة التناظر المرآتي.

Catalytic asymmetric umpolung reactions of imines

Y Wu *et al*

doi:10.1038/nature14617

علم الهندسة الحيوية

نحو طباعة ثلاثية الأبعاد للحمض النووي

تَفرِض القيود الناشئة عن الخصائص الملازمة للحمض النووي قيودًا مهمة على ما يمكن تحقيقه باستخدام تقنيات الحمض النووي النانوية، حيث إن هناك إجراءات ـ مثل أوريجامي الحمض النووي ـ لا تزال بحاجة إلى ضبط يدوي جدير بالاعتبار، إذا كان الهدف هو الحصول على تركيب لِبِنًى معقدة. يقدِّم إريك بنسون وزملاؤه طريقة لاستخدام لوالب مفردة، بدلًا من حزم لوالب معبأة بشكل متلاصق كعناصر بناء؛ مما يتيح تصميم وإنتاج بِنَى الحمض النووي المعقدة، التي كان من الصعب جدًّا تحقيقها باستخدام الأساليب القائمة. تتميز البِنَى النانوية الناتجة عن ذلك بأنها أكثر استقرارًا من أوريجامي الحمض النووي التقليدي، في ظل الظروف التي تصادَف عادةً في الاختبارات البيولوجية. ونظرًا إلى أن عملية التصميم الشاملة هي على مستوى عال من التشغيل الآلي، يوحي ذلك باقتراب إمكانية طباعة ثلاثية الأبعاد على المستوى النانوي.

DNA rendering of polyhedral meshes at the nanoscale

E Benson *et al*

doi:10.1038/nature14586

الشكل أعلاه | تصميم النموذج وتسلسل سير العمل الآلي لتصميم تتابعات تحديد السقالة لشبكات أوريجامي ثلاثية الأبعاد. أ، تم رسم الشبكة ثلاثية الأبعاد باستخدام برنامج ثلاثي الأبعاد. **ب**، باستخدام خوارزمية المطابقة المثالية للحد الأدنى للوزن، تتم مزاوجة القمم ذات الأعداد الفردية. **ج**، إدخال حواف مزدوجة. **د**، خوارزمية مسارات A-المتطورة حددت مسار السقالة وفقًا للمعوقات. **هـ**، توجيه الضفيرة المدبسة (متعددة الألوان) يتبع ضمنيًّا من توجيه السقالة (الأزرق). **و-ط**، قبل حساب التتابع، يتم استخدام نموذج فيزيائي للاسترخاء وتوزيع الإجهاد بالتساوي في التصميم. يتم التعامل مع كل حلزون مزدوج باعتباره قضيبًا صلبًا مع زنبركات تربط القواعد في نهايات ضفيرة السقالة والضفيرة المدبسة. تكرار الاسترخاء المتناوب (**ز**) و (**ط**) وطول تعديل اللوالب (**ح**) يؤدي إلى التصميم النهائي (**ي**)، حيث يتم حساب التتابع بعد استيراده إلى vHelix.

فلك

إعادة النظر في تشكُّل النفثة الإكليلية

ينتشر وجود الهياكل العابرة والنفاثة بالغلاف الجوي الشمسي. وأكثر تلك الهياكل احترارًا نافثات الأشعة السينية بالهالة، التي يُعتقد ـ على نطاق واسع ـ في حدوثها عند ظهور أقطاب ثنائية مغناطيسية مدمجة جديدة من أسفل السطح، وإعادة الاتصال مع المحيط، وهو المجال الإكليلي الشعاعي بالتقريب. يبلِّغ ألفونس ستيرلينج وآخرون باختبار لنموذج "الفيض الناشئ" هذا عن أشعة سينية مرتفعة دقة الفصل وترصُّد أشعة فوق بنفسجية حَدِّيَّة لعشرين من نافثات الأشعة السينية المنتقاة عشوائيًّا بالثقوب الإكليلية القطبية. وقد اكتشفوا أنه بكل نافثة، خلافًا لنموذج الفيض الناشئ، يقود إعادة توصيل منتج التدفق اندلاع خيوط منمنمة تشبه الخيوط الأكبر التي تقود تشكيل التوهجات الشمسية.

Small-scale filament eruptions as the driver of X-ray jets in solar coronal holes

A Sterling *et al*

doi:10.1038/nature14556

علم الإحاثة

من هو رَجُل "كينويك"؟

رَجُل "كينويك" Kennewick Man هو هيكل عظمي بشري لذكر يبلغ من العمر 9,000 عام، اكتُشف في ولاية واشنطن في عام 1996، وكان نَسَب رفاته موضوع جدل علمي وقانوني. فقد أشارت الدراسات الأولية القائمة على الشكل الظاهري إلى أن الهيكل العظمي لا يعود نَسَبُه إلى أمريكيين أصليين. ويقدِّم إسكي ويلرسليف وزملاؤه الآن تحليلًا للحمض النووي، يبين

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أن رَجُل "كينويك" أقرب في الحقيقة إلى الأمريكيين الأصليين الحاليين منه إلى أية مجموعة أخرى من السكان الموجودين في جميع أنحاء العالم.

The ancestry and affiliations of Kennewick Man
M Rasmussen *et al*
doi:10.1038/nature14625

علم الوراثة

تحليل تَبايُن معدَّل الطفرات

من أجل اكتشاف السبب وراء اختلاف معدلات حدوث الطفرات داخل الجينومات، دَرَس لورانس هيرست وزملاؤه التغير داخل الجينوم في معدل الطفرات مباشرةً في نبات *Arabidopsis* والأرز، ونحلة العسل، باستخدام استراتيجية فك تتابعات الآباء والأبناء. ووجد الباحثون أن معدَّلات الطفرة تكون أعلى في مغاير الزيجوت، وعلى مقربة من أحداث العبور الوراثي. وتحدث الطفرات على نحو غير متناسب في كثير من الأحيان في متباينات اللواقح، عنها في مجالات متجانسات اللواقح، ومجموعات الجينات تحت اختيار التنقية، وتحت اختيار التوازن (عادة متخالفات اللواقح)، التي لديها معدلات طفرة منخفضة وعالية، على التوالي. ويرى الباحثون أن الاختيار الضعيف للغاية على معدل الطفرات قد لا يكون ضروريًّا لشرح سبب تطابق البقع الساخنة والباردة الطفرية مع المناطق تحت التوازن/الإيجابي واختيار التنقية، على التوالي.

Parent–progeny sequencing indicates higher mutation rates in heterozygotes
S Yang *et al*
doi:10.1038/nature14649

خريطة الكروماتين، وخلايا الثديات

يتيح التقدم التكنولوجي في فحص الخلايا المفردة فَهْمًا أكثر تفصيلًا للتباين في التعبير الجيني من خلية إلى أخرى. ويصف ويليام جرينلف وزملاؤه طريقة قائمة على إنزيم ترانسبوسيز الخلية المفردة، تُسمى "تتابع ATAC للخلية المفردة"، تتيح إمكانية الوصول إلى الحمض النووي على نطاق الجينوم. وقد رسم الباحثون خرائط الوصول للكروماتين في عدة أنواع من خلايا الثدييات. وعلى الرغم من صعوبة تحليل التباين الخلوي في العناصر التنظيمية الفردية، إلا أنه بمقدورهم تقييم التباين في إمكانية الوصول عبر مجموعات من السمات الجينومية، وإيجاد عوامل النَّسْخ الخاصة، المرتبطة بإمكانية الوصول؛ لزيادة التباين.

Single-cell chromatin accessibility reveals principles of regulatory variation
J Buenrostro *et al*
doi:10.1038/nature14590

علم الأمراض

طفيل مهندَس وراثيًّا لفحص العقاقير

يُعتبر طفيل *Cryptosporidium* أحد الأسباب الأساسية في إصابة الأطفال بمرض الإسهال. ومع ذلك.. ظلت دراسته أمرًا صعبًا. ولا يوجد أي تطعيم لمحاربة هذا الطفيل، بينما يوجد لقاح واحد، هو (نيتازوكسانيد)، قادر على التصدي للعدوى. ويصف بوريس ستريبين وزملاؤه نظامًا وراثيًّا قويًّا للمرض الذي يتسبب فيه هذا الطفيل، حيث قام الباحثون بتعديل *Cryptosporidium parvum* وراثيًّا، عن طريق الاستفادة المثلى من نقل المادة الوراثية الفيروسية من الحيوانات البوغية، باستخدام تقنية "كريسبر/كاس9"، لتوليد خطوط معدلة وراثيًّا مستقرة، مناسِبة لفحص العقاقير في المختبَر، وفي الجسم الحي. وباستخدام هذا النظام، قام الباحثون بوقف نشاط الجين المرمز لإنزيم ثيميدين كينيز، الذي يزيد من القابلية للتأثر بالميثوبريم، وهو دواء مضاد للملاريا، تقاومه الأنواع البرية من طفيل *Cryptosporidium*.

Genetic modification of the diarrhoeal pathogen *Cryptosporidium parvum*
S Vinayak *et al*
doi:10.1038/nature14651

علم الجينوم

مغايرات SpCas9، وخصائص الخلايا

على الرغم من أن إنزيمات نيوكليز "كريسبر-كاس9" تُستخدم على نطاق واسع في تقنية تحرير الجينوم، فإن التتابعات الوراثية التي يمكن أن يتعرف عليها "كاس9" محدودة بالحاجة إلى موتيف مجاور لفاصل بدائي محدد (PAM). وقد عَدَّل كيث جونج وزملاؤه SpCas9 شائع الاستخدام من بكتيريا *Streptococcus pyogenes*؛ من أجل التعرف على التتابعات البديلة لموتيف PAM؛ وكشفوا عن حدوث تحرير قوي لمواضع جينات ذاتية في خلايا سمكة الزرد، والخلايا البشرية، التي لا يمكن استهدافها حاليًّا بالنوع البري من SpCas9. كما قام الباحثون بتحديد وتوصيف مغاير SpCas9 آخر، يُظْهِر خصوصية أفضل في الخلايا البشرية. ويمكن للاستراتيجيات الهندسية التي تم تطويرها في هذا الشأن أن تمتد لتشمل إنزيمات "كاس9" من الأنواع الأخرى؛ لإنتاج خصائص معدَّلة ومحسَّنة من الموتيف PAM.

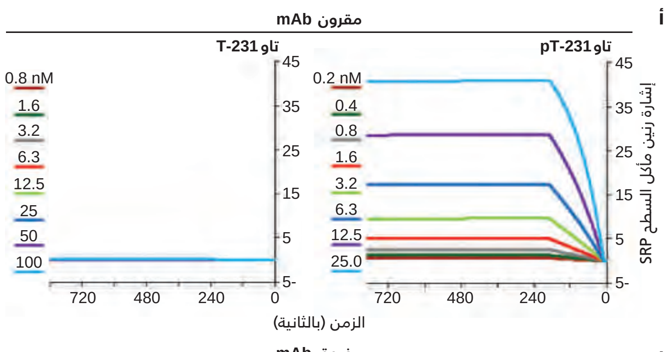
Engineered CRISPR-Cas9 nucleases with altered PAM specificities
B Kleinstiver *et al*
doi:10.1038/nature14592

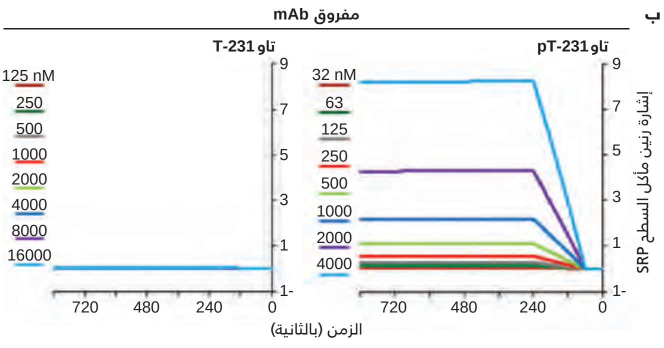
علم الأعصاب

بروتين P-tau المقرون واعتلال الدماغ

ترتبط أعراض إصابات الدماغ الرضية ـ وهي حالة شائعة بين لاعبي الرياضات التي تتطلب الاحتكاك الجسدي، وبين العسكريين ـ بالخلل الوظيفي العصبي الحاد، وأعراض إصابات الدماغ الرضية، كما أنها عامل أساسي في الإصابة بمرض الزهايمر. وتُعَدّ الأمراض المتعلقة ببروتين "تاو"، المرتبطة بتجميع بروتين "تاو" المفسفر (P-tau) في الدماغ، هي السمة المميزة للتنكس العصبي المرتبط باعتلال الدماغ المزمن الناجم عن الصدمة، ومرض الزهايمر، لكنها لم تلاحَظ في المراحل المبكرة من أعراض إصابات الدماغ الرضية. وقد بَيَّنَ كون بينج لو وزملاؤه أن المرض المتعلق ببروتين تاو المفسفر المقرون *cis* P-tau، وليس المفروق *trans* P-tau، هو عامل يستحث الإصابة المبكرة لدماغ المرضى الذين يعانون من إصابات الدماغ الرضية، وفى نماذج الفئران. ويمنع علاج الفئران المصابة بالإصابات الدماغ الرضية باستخدام الأجسام المضادة المقرونة الإنتاجَ المبكر لبروتين تاو المفسفر المقرون، كما يعرقل وقوع أي إصابة أخرى، ويمكن تطويره لعلاج إصابات الدماغ الرضية بعد الإصابة.

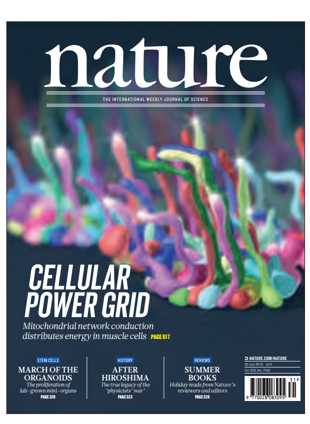
Antibody against early driver of neurodegeneration *cis* P-tau blocks brain injury and tauopathy
A Kondo *et al*
doi:10.1038/nature14658





الشكل أسفله | بروتين تاو المقرون القوى، وليس المفروق، في المحاور المنتشرة في الأدمغة البشرية المصابة باعتلال الدماغ المزمن. أ، ب، mAb المقرون (**أ**) أو المفروق (**ب**) كانتا مثبتتين على رقاقة الاستشعار CM5 للفحص برنين مأكل السطح ومقيدتين إلى الببتيد تاو pT231 أو T231 بتركيزات مختلفة تم تسجيلها بواسطة سينسورجرامات SRP (رسم بياني للاستجابات مقابل الوقت في دراسات رنين مأكل السطح SRP).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



غلاف عدد 30 يوليو 2015
طالع نصوص الأبحاث فى عدد 30 يوليو من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

أحياء مجهرية

التزام متبادل داخل الأغشية الحيوية

أثناء النمو في الغشاء الحيوى، تحمي الخلايا عند المحيط الخارجي الخلايا الداخلية من الهجوم الخارجي، ولكنها أيضًا قد تمنع عنها الغذاء. فقد وجد جيرول سيول وزملاؤه أن هذا التعارض بين الحماية والتجويع يتم حلُّه بظهور الاعتماد المشارك الأيضي بعيد المدى بين الخلايا المحيطة والداخلية. وأظهر الباحثون في الأغشية الحيوية لبكتيريا *Bacillus subtilis* أن النمو يتوقف بشكل دوري، مما يزيد توافر المواد الغذائية للخلايا الداخلية المحمية، التي توفر بدورها نواتج الأيض اللازمة للنمو عند المحيط الخارجي.

Metabolic co-dependence gives rise to collective oscillations within biofilms
J Liu *et al*
doi:10.1038/nature14660

علم المناخ

الصلة بين الاندلاع البركاني والمناخ

أشارت أبحاث سابقة إلى أن كل اندلاع بركاني يؤثر على المناخ. وتمت البرهنة على أنه من العسير مطابقة التسلسلات الزمنية للحلقات الشجرية المحلَّلة سنويًّا، المقدَّر عمرها بدقة، بالتسلسلات الزمنية للتغيرات البركانية المسجلة في الأنوية الجليدية. فقد استخدم مايكل سيجل وزملاؤه تصاعد نسب عنصر البيريليوم ^{10}Be في الغلاف الجوي، حيث يرتبط ارتباطًا واضحًا بأشعة كونية شاذة، تترك خلفها بصمة مميزة في الغلاف الجوي من عنصر الكربون ^{14}C، وهذا في الحلقات الشجرية الموجودة عبر أوروبا في عام 775 ميلادية. كما يُعَدّ هذا وسيلة لتقدير عمر تصاعد مشابه، تم رصده في الأنوية الجليدية الموجودة في جرينلاند، والقارة القطبية الجنوبية. وعند القيام بصنع تلك الصلة، يثبت الباحثون أن سجل الأنوية الجليدية يجب أن يتم تعديله كل سبع سنوات. وتؤكد البيانات أن الاندلاع البركاني الضخم المتكرر، الذي حدث في المناطق المدارية وخطوط العرض المرتفعة، كان محركًا أساسيًّا للتغيرات الحرارية في نصف الكرة الشمالي خلال الـ2,500 عام الماضية. كما تؤكد أيضًا على تضمين كل اندلاع بركاني كعامل محفز لأوبئة القرن السادس الكبرى، والمجاعات، والاضطرابات الاجتماعية الاقتصادية.

Timing and climate forcing of volcanic eruptions for the past 2,500 years
M Sigl *et al*
doi:10.1038/nature14565

علم الوراثة

بوليميريز الحمض النووي الريبي

إنّ مركَّب 5-ميثيل سيتوزين (5mC) الناتج عن عملية مثيلة الحمض النووي فوق الجيني هو منظِّم نَسْخ جيني مهم، يتم التعرف عليه من قِبَل مركّبات عديدة تتعرف على البروتين. ويمكن أن يتأكسد 5mC عن طريق إنزيمات TET؛ لإنتاج 5-هيدروكسي ميثيل السيتوزين (5hmC)، و5-فورميل السيتوزين (5fC)، و5-كربوكسيل السيتوزين (5caC). وتشير هذه الدراسة المتعلقة بدراسة بِنْيَة بوليميريز الحمض النووي الريبي الثاني والكيمياء الحيوية الخاصة به، من خلال تجميعه على الحمض النووي، واحتوائه على 5-كربوكسيل السيتوزين، إلى أنه قادر على العمل كقارئ لتعديل الحمض النووي فوق الجيني بتعرُّفه تحديدًا على 5caC، و5fC أثناء استطالة النسخ. ويمكن أن يستشعر إنزيم بوليميريز الحمض النووي الريبي الثاني حالة مثيلة المؤكسدة للحمض النووي، ويبطئ بشكل عابر أثناء النسخ. ويرى الباحثون أن إنزيم بوليميريز الحمض النووي الريبي الثاني قد يعمل كجهاز استشعار مباشر لمجموعة متنوعة من أحداث تعديل وتلف الحمض النووي؛ لتوجيه مسارات متميزة.

Molecular basis for 5-carboxycytosine recognition by RNA polymerase II elongation complex
L Wang *et al*
doi:10.1038/nature14482

علم الأعصاب

دوران النخاع التغضُّني في الحصين

تتشكل الذكريات العرضية في حصين الثدييات، حيث يحتفظ بها هناك فقط لبضعة أسابيع، مقارنةً بالشهور والسنوات التي تخزَّن فيها الذكريات المقدمة في القشرة المخية الحديثة. وقد استخدم مارك شنيتزر وزملاؤه طريقة التنظير الداخلي الدقيق للكشف عن خضوع النخاع التغضُّني الحصيني في منطقة CA1 لدوران كامل في أقل من ستة أسابيع في الفئران، على النقيض من الاستقرار الأكبر بكثير لنقاط الاشتباك العصبي في القشرة المخية الحديثة. ويوضح هذا العمل أساسًا ماديًّا ممكنًا لسرعة زوال عمليات الذاكرة الحصينية.

Impermanence of dendritic spines in live adult CA1 hippocampus
A Attardo *et al*
doi:10.1038/nature14467

الشكل أسفله | النتوءات العصبية التغضنية تتصرف بشكل ديناميكي في حصين CA1 الفأر البالغ. أ، أنبوبة دليلية زجاجية مختومة، مزروعة ظهريًّا إلى CA1 تسمح بتصوير في الجسم الحي المتداخل زمنيًّا للنتوءات العصبية التغضنية. **ب،** منظار داخلي ثنائي دقيق مزدوج يسقط نمط المسح الليزري على مستوى العينة في الأنسجة. الصورة الملحقة: تشير الخطوط الحمراء إلى مسارات الأشعة الضوئية.

علم البكتيريا

بِنْيَة نظام إفراز النوع السادس

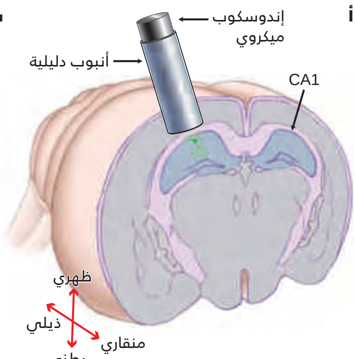
النوع البكتيرى من نظام إفراز النوع السادس (T6SS) هو المسؤول عن نقل مجموعة من جزيئات المستجيب السامة من مكان إلى آخر إلى كل من الخليتين الفريستين.. البكتيرية، وحقيقية النواة. يتألف نظام إفراز النوع السادس من غمد منقبض، يدفع بِنْيَة تشبه الإبرة في الخلية المستهدفة. هذا المعقَّد مستقر مرتكز على غلاف الخلية المنتج لنظام إفراز النوع السادس بواسطة معقَّد الغشاء الأساسي. يبين ريمي فرونزيس وزملاؤه أن هذا المعقد يتم تجميعه من خلال إضافة متتابعة من ثلاثة بروتينات ـ TssJ، وTssM، وTssL ـ ويقدموا بِنْيَة باستبانة 11.6 أنجستروم للمعقد بشكل كامل، حُددت بالفحص المجهري الإلكتروني المصبوغ سلبيًّا.

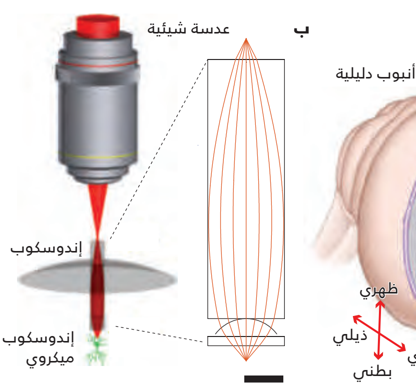
Biogenesis and structure of a type VI secretion membrane core complex
E Durand *et al*
doi:10.1038/nature14667

كيمياء حيوية

تقييد أريستين مستقبِلات (GPCRs)

تؤثر بروتينات التأشير المنتشرة والمعروفة باسم المستقبِلات المقترنة ببروتين "جي" (GPCRs) بشكل أساسي من خلال بروتينات "جي"، أو الأريستينات، وهي أهداف لثلث الأدوية الحالية المستخدَمة إكلينيكيًّا. تعرض هذه الورقة البحثة أول بِنْيَة بلورية للمستقبِل المقترن ببروتين "جي" المقيَّد إلى أريستين ـ وهو شكل نشط من رودوبسين البشري، مقيّد إلى شكل منشط مسبقًا من أريستين-1 البصري للفأر - استنادًا





إلى التصوير البلوري بالأشعة السينية، والمجهر الإلكتروني، وقياس الأطياف النبضي بالرنين البارامغناطيسي، وقياس أطياف تبادل الديوتريوم-والهيدروجين الكتلي. وقد كشفت مقارنة البِنْيَة بتلك البِنَى الخاصة ببروتين "جي" المقيد بـ $G\alpha CT$، والرودوبسين المقيد بـβ_2AR السمات البنيوية الفريدة التي يمكن أن تشكل العناصر الأساسية للتأشير المنحاز إلى أريستين.

Crystal structure of rhodopsin bound to arrestin by femtosecond X-ray laser

Y Kang *et al*

doi:10.1038/nature14656

كيمياء

المركّبات النانوية تعمل في حرارة عالية

يجب أن تستطيع المواد العازلة كهربائيًّا لتخزين الطاقة الاستيعابية العمل تحت ظروف قاسية، إذا ما أردنا أن نستخدمها بشكل فعَّال، وذلك ـ على سبيل المثال ـ في السيارات الكهربائية، أو التطبيقات الفضائية، حيث إن عوازل البوليمر خفيفة الوزن، ولذلك.. فهي جذابة من منظور مقارنة القدرة بالوزن في العازل، لكن هذه المواد تميل إلى الانهيار عند درجات حرارة تشغيل شائعة في محولات الطاقة. وهنا، يبرهن كينج وانج وزملاؤه على أن إضافة الصفائح النانوية المصنوعة من نيتريد البورون إلى مركّبات البوليمر النانوية ترفع من خواص التبديد الحراري، وهو ما تنتج عنه مواد عازلة تعمل عند درجات حرارة أكثر ارتفاعًا مما كان ممكنًا في السابق مع عوازل البوليمر. فتلك المركبات النانوية الجديدة مرنة، وخفيفة الوزن، وقابلة للتنميط الضوئي، وقابلة للمعايرة، ومتينة، مما يطرح احتمال كونها أكثر جاذبية من عوازل السيراميك التقليدية المستخدَمة في تطبيقات الأدوات الإلكترونية.

Flexible high-temperature dielectric materials from polymer nanocomposites

Q Li *et al*

doi:10.1038/nature14647

علم التطور

تعقيدات التحول إلى سلحفاة بحرية

أدَّى تخطيط أجسام السلاحف البحرية، والسلاحف البرية، المتغيرة بطريقة جذرية، ونقص الحفريات وسيط التكوين بين السلحفاة البحرية الصدفية، وتخطيط جسم الزواحف المتألفة بشكل أكثر انتظامًا، إلى إرباك جهود رسم التاريخ التطوري للمجموعة. يصف رينر شوشانذ هانز ديتر سويس حفرية يبلغ عمرها 240 مليون عام من ألمانيا، يمكنها أن تساعد في ملء بعض الفجوات. لا يمتلك هذا المخلوق المكتشَفة حفريته صدفةً بأعلى، ولا حامية منصورة من تحتها، ولكنه يمتلك أضلاعًا عريضة، لها مقاطع على شكل الحرف T تميز السلالة الجذعية المفترضة للسلاحف البرية، كما أن له درعًا قويًّا من تحته. ويدعم شكل جمجمة هذا المخلوق الفكرة القائلة إنّ السلاحف البرية كانت من الزواحف التي تتصل بالأركوصورات، مثل الديناصورات والطيور، بدلًا من أن تكون في فرع منفصل.

A Middle Triassic stem-turtle and the evolution of the turtle body plan

R Schoch *et al*

doi:10.1038/nature14472

جيولوجيا

توقيت فتح بوابة "تاسمانيا"

كان دوران المحيطات يتبدل أثناء عصر الأوليجوسين، عندما تمت إعادة تشكيل القارات بواسطة متسلسلة من التحركات التكتونية إلى نمط بدأ في تشكيل التكوين الذي نراه اليوم. وعلى وجه التحديد، فإن ممر دريك (بين أمريكا الجنوبية، والقطب الجنوبي)، وبوابة تاسمانيا (بين أستراليا، والقطب الجنوبي)، قد تم فتحهما؛ مما وَفَّرَ قنوات للتيار المحيط بالقطب الجنوبي، لكن تَتابُع تلك الأحداث وتوقيتها يظلّان غير مؤكَّدين. فقد استخدم هوي شير وزملاؤه نظائر النيوديميوم المستخلص من حفريات أسنان السمك، وإعادات البناء التكتونية، ليبيِّنوا أن بوابة تاسمانيا العميقة قد تفتحت قبل حوالي 33 مليون عام، وأن التيار المحيط بالقطب الجنوبي قد نشأ بعد ذلك بحوالي 3 ملايين عام، عندما تحركت البوابة إلى مناطق خطوط عرض الرياح الغربية القوية، على أغلب الاحتمالات.

Onset of Antarctic Circumpolar Current 30 million years ago as Tasmanian Gateway aligned with westerlies

H Scher *et al*

doi:10.1038/nature14598

الشكل أعلاه | خرائط المحيط الجنوبي الحالية ومواقع الدراسة ذات الصلة. تبين الخريطة مواقع الدراسة، والتوزيع المناطقي ε_{Nd} الحالي والمناطق الأمامية الأساسية. تبين المربعات السوداء مع الإطارات الحمراء المواقع الحالية للأنوية الرسوبية المستخدمة بتلك الدراسة. تبين الخطوط السوداء الامتداد الظهري للمناطق الأمامية الأساسية المصاحبة للتيار الحول قطبي الجنوبي ACC. تبين الدوائر مواقع عقيدات فيرومنجنيز (Fe–Mn) المحيط الجنوبي التي وجدت في قاع البحر. تبين الألوان على الدوائر قيم ε_{Nd} للطبقات السطحية؛ الطبقات السطحية تلك في اتزان مع مياه القاع الفوقية. يعكس حجم الدوائر عمق المياه. SAF؛ الجبهة شبه القطب جنوبية، PF الجبهة القطبية، SACCF؛ جبهة التيار حول القطبي الجنوبي.

علم الخلية

شبكة كهرباء خلوية

الميتوكوندريا الموصِّلة كهربائيًّا في خلية عضلية هيكلية مصورة، وهي تجاور شعيرة دموية مع ثلاث خلايا دم حمراء.

كيف يتم توزيع الطاقة داخل الخلية؟ في العضلات الهيكلية، لُوحظ أن توزيع الطاقة يحدث من خلال الانتشار الميسر بالأيض، على الرغم من أن الأدلة الوراثية قد شككت في أهمية هذا النمط من التوزيع. وباستخدام أشكال مختلفة ذات مجهرية عالية الاستبانة، استكشف روبرت بالابان وزملاؤه ما إذا كانت الميتوكوندريا نفسها - فضلًا عن توليد الطاقة الواقعي - لها دور أيضًا في توزيعها، أم لا. ووجد الباحثون أنها تفعل ذلك عن طريق تشكيل مسار موصِّل في جميع أنحاء الخلية في شكل قوة دفع بروتونية. في جميع أنحاء هذه الشبكة، يبدو أن تموضع بروتين الميتوكوندريا يكون متنوعًا، مما يسمح بالتوليد الأمثل، والاستفادة من إمكانات غشاء الميتوكوندريا. من المحتمل أن تكون شبكة توزيع الطاقة هذه ـ التي تعتمد على التوصيل، بدلًا من الانتشار ـ سريعة للغاية، وبالتالي تمكِّن العضلات من الاستجابة فورًا لمطالب الطاقة الجديدة.

Mitochondrial reticulum for cellular energy distribution in muscle

B Glancy *et al*

doi:10.1038/nature14614

علم الجينوم

عوامل جينية وراء حدوث الاكتئاب

حَدَّدَ هذا التحليل الجينومي لأكثر من 5,000 امرأة صينية مصابات بمرض الاضطراب الاكتئابي الرئيس المتكرر (MDD)موضعين جينوميين مهمّين يسهمان في خطر الإصابة بالمرض على كروموسوم 10. يقع إحداهما بالقرب من جين (*SIRT1*)، والآخر في إنترون جين فوسفاتيز البيروفوسفات غير العضوية فوسفوهيستيدين فوسفوليسين (*LHPP*). يرى الباحثون أن الارتباط بالقرب من جين (*SIRT1*) قد يؤدي إلى حدوث تشوهات في الميتوكوندريا، تتسبب في الإصابة بالمرض.

Sparse whole-genome sequencing identifies two loci for major depressive disorder

N Cai *et al*

doi:10.1038/nature14659

أحياء جزيئية

الحفاظ على توازن الخلايا الجذعية

ليس من الواضح كيف يتم الحفاظ على التوازن بين أعداد خلايا السلف، والخلايا المتمايزة في نسيج بالغ ذاتي التجديد في حالة مستقرة. يوضح جاياراج راجاجوبال وزملاؤه أن خلايا السلف ترسل إشارة "تغذية إلى الأمام"، لتوجيه مصير الخلايا البنيوية في ظهارة مجرى الهواء داخل القصبة الهوائية للفأر. وفي النظام قيد الدراسة، تتجدد خلايا السلف القاعدية ذاتيًّا، وتتمايز إلى الخلايا الإفرازية والخلايا المهدَّبة، وكلتاهما لازمتان لمجرى الهواء؛ ليؤدي وظيفته. كما يمكن أن تعمل الخلايا الإفرازية كخلايا سلفية، وتصبح خلايا مهدبة. وقد وجد الباحثون أن الخلايا القاعدية ترسل إشارة معتمدة على البيئة الملائمة إلى الخلايا الإفرازية؛ لمنع تمايزها المفاجئ لخلايا مهدبة. وهذه الإشارة ضرورية لصيانة الخلايا الإفرازية الوليدة. ويخمِّن الباحثون بأن الخلايا الجذعية يمكن أن تستخدم آليات تنظيمية تقدميّة؛ لتنسق التغيرات على نطاق الأنسجة، وكذلك بوصفها مصدرًا للخلايا الجديدة.

Parent stem cells can serve as niches for their daughter cells

A Pardo-Saganta *et al*

doi:10.1038/nature14553

فلك

شَفَق شبه كوكبي على نجم قزم

كشفت الأرصاد الطيفية اللاسلكية والبصرية لنجم قزم عن انبعاثات شفقية مدعومة بتيارات غلاف مغناطيسي، وهو ما يُعَدّ الكشف الأول المحقّق لشفق شبه كوكبي من جسم خارج منظومتنا الشمسية. ويُعتقد أن النشاط الإكليلي شبه الشمسي يهيمن على أهم نجوم السلسلة الرئيسة، ومدعوم بواسطة العمليات التي تحدث بأغلفتها الجوية السفلى، بينما يكون الشفق على ذلك النجم القزم ـ عند الحدود البينية (بين النجوم، والأقزام البُنِّيَّة) ـ مدعومًا بواسطة عمليات، منشأها أبعد من ذلك بكثير في الغلاف المغناطيسي، كما أنها تقترن بالغلاف الجوي السفلي.

Magnetospherically driven optical and radio aurorae at the end of the stellar main sequence

G Hallinan *et al*

doi:10.1038/nature14619

الشكل أعلاه | قابلية التباين البصري والراديوي الدوري المتزامن لـ LSR J1835+3259. أ، انبعاث خط بالمر المستخلص من الأطياف المكتشفة بواسطة تليسكوب هيل. **ب**، الأطياف الدينامية للانبعاث الأيمن للراديو المستقطب دائريًّا المكتشف بواسطة LSR J1835+3259 بواسطة المصفوفة بالغة الضخامة VLA، مع اقتطاع المحور الصادي لإزالة الفجوة الضخمة بين الحِزَم المرصودة. يمكن الاستئثار بتخالف الطور الخاص بالسمات الراديوية نسبةً إلى الذروة البصرية بواسطة التحزم المعقد الخاص بالانبعاث الراديوي. HJD، اليوم الجولياني الشمسي.

بيولوجيا الخلية

إجهاد الخلية التائية يضعف المناعة

يقع إجهاد الخلية التائية CD8 في حالات الالتهابات الفيروسية المزمنة، حيث إنه يَحُول دون الاستجابة المناعية، ويسهل استدامة الإصابة. يبين كينيث سميث وزملاؤه أنه على النقيض من ذلك.. وجدوا أن إجهاد الخلية التائية CD8 ارتبط بنتائج جيدة في أمراض المناعة الذاتية والالتهابات. وكما هو الحال في العدوى، فإن الإجهاد المناعي الذاتي يرتبط بنقص التحفيز المشترك لـ CD4. وتثير هذه النتائج إمكانية استغلال الإجهاد علاجيًّا، حيث قد يُستخدم لقَمْع التفاعل الذاتي، وهو العمل الذي أثبت الباحثون أنه ممكن الحصول عليه في المختبَر.

T-cell exhaustion, co-stimulation and clinical outcome in autoimmunity and infection

E McKinney *et al*

doi:10.1038/nature14468

فيزياء

إشعاع فائق التوافق في مواد صلبة

نشأ مجال جديد للفوتونيات فائقة السرعة في المواد الصلبة مع توضيح وشروح له، حيث تم التوثيق الأول منذ سنوات قليلة، لإشعاع الطول الموجي القصير في البلورات الضخمة الناتجة عبر التوليد عالي التوافق. وفي الوقت الحالي، تخضع الآليات الكامنة المشتركة في حدوث هذه الظاهرة للدراسة والتمحيص المكثف، حيث تركت دراسة ماثيو هوينليوتر وزملائه على توليد توافق فائق بشكل ضخم، وذلك مع قياسات محلَّلة زمنيًّا. وقد اكتشفوا أن الحركة الأساسية للإلكترونات تختلف عن آلية التوليد التوافقي المرتفع في الغازات الذرية، وتنطوي على تداخل كمِّي بين الإلكترونات من حزم تكافؤ متعددة. ويشير هذا التأثير المرصود إلى اتجاهات جديدة لتطوير مصادر الحالة الصلبة للضوء فائق السرعة، والإلكترونيات التي يُتحكم فيها بالضوء.

Real-time observation of interfering crystal electrons in high-harmonic generation

M Hohenleutner *et al*

doi:10.1038/nature14652

علم النبات

صنف جديد من الأرز لعالَم أكثر احترارًا

تنتج حقول الأرز ما بين 7-17% من الانبعاثات العالمية لغاز الميثان الدفيء القوي المسبِّب للاحتباس الحراري، وهو رقم من المرجَّح أن يزداد مع توسع زراعة الأرز؛ لمواجهة الطلب المتزايد. تسجل هذه الورقة البحثية تطوير أرز ينتج بذورًا وجذوعًا، مع ارتفاع في كتلته الحيوية ومحتوى النشا، بالإضافة إلى خفض انبعاث غاز الميثان، ومستويات مولِّد الميثان من النطاق الجذري. وقد تم تخليق هذه السلالة الجديدة من الأرز عن طريق إضافة جين واحد، وتشفير عامل نسخ الشعير SUSIBA2 إلى صنف الأرز التقليدي، حيث يضفي عامل النسخ SUSIBA2 دفعة تغيِّر قيمة تدفق الكربون، وهو ما يحبذ تخصيص منتجات التمثيل الضوئي إلى ما يفوق الكتلة الحيوية الدنيا، ويفضله عن تخصيصها للجذور. وقد يوفر الأرز "منخفض الميثان مرتفع النشويات" في مناخ دافئ وسيلة مستدامة لتوفير كتلة حيوية مرتفعة الجودة، بينما يقلل التأثير السلبي لزراعة الأرز على انبعاثات الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي.

Expression of barley SUSIBA2 transcription factor yields high-starch low-methane rice
J Su *et al*
doi:10.1038/nature14673

علم الأمراض

لانوستيرول يتعارض مع إعتام عدسة العين

في دراسة تناولت الأساس الوراثي لمرض إعتام عدسة العين الخلقي في عائلتين، أثبت كانج تشانج وزملاؤه أن لانوستيرول ـ وهو ستيرول موجود بشكل طبيعي في العدسة ـ يمكن أن يمنع التراكم داخل الخلايا لبروتينات بلورية مختلفة متطفرة مسبِّبة للمرض. هذا.. وتُضعِف الطفرات وظيفة إنزيم يخلق لانوستيرول. وفي حالة الكلاب المصابة بالمرض، أدَّى العلاج باستخدام قطرات العيون التي تحتوي على لانوستيرول لمدة ستة أسابيع إلى خفض حدة المرض، وزيادة شفافية العدسة، مما يشير إلى أن لانوستيرول ـ أو أي جزيء من الجزيئات ذات النشاط المماثل ـ قد يوفر بديلًا للجراحة.

Lanosterol reverses protein aggregation in cataracts
L Zhao *et al*
doi:10.1038/nature14650



غلاف عدد 6 أغسطس 2015
طالع نصوص الأبحاث فى عدد 6 أغسطس من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم الأعصاب

بِنْيَة دائرة النورادرينالين

مكَّنتنا تقنيات تتبُّع جديدة من معرفة الروابط بين مناطق الدماغ بشكل مطرد، وبيان كيف بإمكان هذه الروابط أن تسهم في العمل، ومعالجة المعلومات. وقد وَسَّع لي كون لوه وزملاؤه هذه الأدوات، لتشمل التتبُّع الثلاثي TRIO، وهي استراتيجية جديدة، تهدف إلى توصيف العلاقات بين المدخَلات والمخرَجات بين التجمُّعات المحددة وراثيًّا من الخلايا العصبية. وكدليل على صحة هذا المفهوم، تم استكمال علاقات تتبُّع المدخلات والمخرجات وأنماط الإسقاط لخلايا نورادرينالين العصبية بأداة الوصل الدماغي.

Viral-genetic tracing of the input–output organization of a central noradrenaline circuit
L Schwarz *et al*
doi:10.1038/nature14600

أحياء بنيوية

نهج الإكسوسوم تجاه الحمض النووي

إن التركيز الأساسي لدوران الحمض النووي الريبي في الخلية هو الإكسوسوم، وهو مركَّب يتكون من 12 وحدة فرعية، ويحتوي على اثنين من إنزيمات ريبونوكليز Rrp44 وRrp6. وقد فسَّرت إيلينا كونتي وزملاؤها مؤخرًا البِنْيَة البلورية لهذا المركَّب من الخميرة، المقيد إلى مجموعة متنوعة من ركائز الحمض النووي الريبي. توفر البِنَى تبصُّرًا عن كيفية استخدام الإكسوسوم في المعالجة الدقيقة لبعض النهايات '3، مثل تلك التي للحمض النووي الريبوسومي 5.8S، بينما الأحماض النووية الريبوسومية الأخرى تتحلل تمامًا. ويُعتبر التنسيق بين الوحدتين الفرعيتين لنوكليز منخرطًا في حركة تأرجحة بواسطة إنزيم Rrp6، وشريكه Rrp47.

RNA degradation paths in a 12-subunit nuclear exosome complex
D Makino *et al*
doi:10.1038/nature14865

كيمياء

روابط أميد C-N تنشط بواسطة محفّز النيكل

على الرغم من أن الإنزيمات قادرة على شَطْر روابط الأميد في الطبيعة، فمن الصعب كسر رابطة الكربون-النيتروجين للأميد بشكل انتقائي باستخدام الكيمياء التخليقية. وفي هذه الورقة البحثية، أثبت الباحثون أن روابط الكربون-النيتروجين للأميد يمكن تنشيطها وشَطْرها باستخدام محفِّزات النيكل. واستخدموا هذه المنهجية لتحويل الأميدات إلى أسترات، وهو ما يشكل تحديًا وتحولًا غير مكتمل.

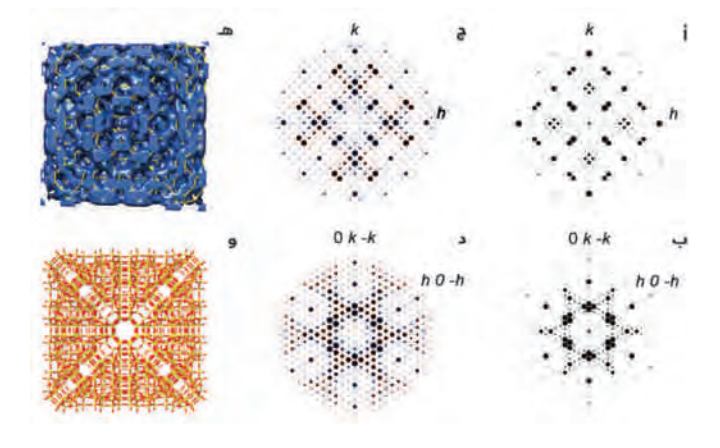
Conversion of amides to esters by the nickel-catalysed activation of amide C–N bonds
L Hie *et al*
doi:10.1038/nature14615

التنبؤ والتخليق الخاص بعائلة الزيوليت

تم تخليق مركَّب الزيوليت ZSM-25 للمرة الأولى في عام 1981، ولكن بِنْيَته ظلت غير معروفة. تصف هذه الورقة البحثية تطوير طريقة لكشف بِنْيَة الزيوليت، حيث سجَّل الباحثون أن الانعكاسات القوية للزيوليت ZSM-25 ـ التي يتم تحديدها من خلال بيانات حيود دوران الإلكترون ـ يتم توزيعها في مناطق الفراغ التبادلي الخاص نفسها باثنين من مركّبات الزيوليت المعروفين، وهما RHO، وباولينجايت PAU، حيث قاموا بوضع الانعكاسات القوية للزيوليت ZSM-25 من مركّب PAU في إطار يمكن دراسته، بغرض تحليل بِنْيَته، كما أوضحوا إمكانية اعتبار إطار للزيوليت ZSM-25 إصدارًا ممتدًا من مركّب PAU. وأوضحوا أنه يمكن اعتبارهما إصدارين ممتدين من مركب RHO. وتُستخدم البيانات الجديدة للتنبؤ، ومن ثم تخليق أنواع جديدة من مركّبات الزيوليت، مع المزيد من الهياكل الممتدة، وخواص امتزاز ثاني أكسيد كربون انتقائية.

A zeolite family with expanding structural complexity and embedded isoreticular structures
P Guo *et al*
doi:10.1038/nature14575

الشكل أسفله | تحديد بنية ZSM-25 باستخدام نهج الانعكاسات القوية. أ، ب، شريحة ثنائية الأبعاد من قطع (*hk*0) (**أ**) و(*hkh*+*k*) (**ب**) من الشبكة التبادلية ثلاثية الأبعاد معادة البناء من بيانات حيود الإلكترون الدوراني RED. تم فرض التماثل m3m للسماح بمقارنة أفضل. **ج، د**، أنماط الحيود المستحثة (*hk*0) (**ج**) و(*hkh*+*k*) (**د**) لبنية PAU المثالية، مع وسم أطوار عامل البنية بالأزرق (180°) والأحمر (0°). **هـ**، خريطة ثلاثية الأبعاد مولدة باستخدام سعات الاهتزاز التي تم الحصول عليها من حيود الإلكترون الدوراني لـ ZSM-25 والأطوار المحسوبة من بنية PAU. **و**، بنية إطار ZSM-25.



كيمياء حيوية

الأساس البنيوي لمقاومة الأدوية

يرجع انتشار مقاومة الأدوية المتعددة بين مسبِّبات الأمراض البكتيرية ـ في جزء كبير منه ـ إلى وجود (الصوامد) ـ خلايا جرثومية يزيد صمودها أمام المضادات عن المعدل ـ من المتغايرات المظهرية التي تظل كامنة، ولا تخضع للمضادات الحيوية التي تكون فعّالة فقط ضد الخلايا النشطة. وقد أظهرت ماريا شوماخر وزملاؤها مؤخرًا أن النوع البري HipA ـ وهو كينيز سيرين-بروتين، الذي يثبط تخليق البروتين، ويدفع الخلايا إلى السكون ـ يسهم في تشكيل الصوامد في بكتيريا *Escherichia coli*، والطفرات عالية الصمود hipA7 موجودة في المرضى الذين يعانون من التهابات المسالك البولية. وحدد الباحثون بِنَى القمع الذاتي النسخي، الذي يتألف من حمض نووي محفِّز، ومركّبات HipA-HipB. تكشف هذه البِنَى أن الطفرات عالية الصمود تعمل بالتداخل مع تفاعلات HipA-HipA، عن طريق إطلاق HipA من المركّب عالي الترتيب، ويُطلِق مقاومة الأدوية المتعددة.

HipBA–promoter structures reveal the basis of heritable multidrug tolerance

M Schumacher *et al*

doi:10.1038/nature14662

علم الخلية

الخصوصية في إعادة تدوير النيوكليوتيدات

فضلًا عن تخليق نيوكليوتيدات الحمض النووي الجديدة، تستخدم الخلايا النيوكليوتيدات المعاد تدويرها من الخلايا الميتة. وليست واضحة كيفية تعامل مسار إنقاذ النوكليوتيدات مع مختلف الأشكال المؤكسدة من 5-ميثيل-السيتوزين، مثل 5hmdC، و5fdC. يوضح سكيرماناتس كريوسيونيس وزملاؤه أن مسار إنقاذ النوكليوتيدات لديه انتقائية للركائز التي تحمي الحمض النووي المخلَّق حديثًا من الإدراج العشوائي للأشكال المعدَّلة وراثيًّا بشكل فائق من السيتوزين. ومع ذلك.. فهناك خلايا سرطانية تعبر بإفراط عن نازعة أمين السيتيدين (CDA)، وحساسة لفرط تعبير 5hmdC، و5fdC، الأمر الذي يؤدي إلى تلف الحمض النووي، وموت الخلايا. ويخمِّن الباحثون بأن الأدوية المعتمدة على هذه المتغايرات النيوكليوسيدية قد تكون لها إمكانات العلاج الكيميائي في حالات السرطان مفرطة التعبير عن إنزيم (CDA).

CDA directs metabolism of epigenetic nucleosides revealing a therapeutic window in cancer

M Zauri *et al*

doi:10.1038/nature14948

علم المناخ

انتقال كربون القطب الشمالي إلى الأنهار

تحتوي أنواع تربة خطوط العرض المرتفعة والتربة المتجمدة على ضعف كمية الكربون التي يحتويها الغلاف الجوي، وتقوم بتخزين هذا الكربون لآلاف الأعوام. ومن المُعتقَد أن الاحتباس الحراري المناخي مع ذوبان الطبقات المتجمدة قد يحفزان تحلل هذا الكربون العضوي، مما يطلقه إلى الغلاف الجوي، ويؤدي إلى زيادة نسبة الاحتباس الحراري. وهنا، يفحص روبرت هيلتون وزملاؤه مصادر جسيمات الكربون العضوي، وفيضه، وحصته في نهر ماكنزي، وهو أكبر الأنهار في قطب الشمالي بأمريكا الشمالية. وقد اكتشفوا أن كميات كبيرة من كربون التربة المتآكل لا يتم إطلاقها بسرعة كثاني أكسيد كربون. وعوضًا عن ذلك.. فإن كثيرًا من هذا الكربون ينتقل إلى الأنهار، وبعضه يُدفن ـ في نهاية المطاف ـ في الرسوبيات البحرية بالقرب من الشاطئ، وهو ما يُعَدّ مخفضًا أرضيًّا مهمًّا محتمَلًا لثاني أكسيد الكربون الأرضي.

Erosion of organic carbon in the Arctic as a geological carbon dioxide sink

R Hilton *et al*

doi:10.1038/nature14653

الشكل أعلاه | مصدر جسيمات الكربون العضوي POC بحوض نهر ماكينزي. نشاط الكربون المشع الخاص بجسيمات الكربون العضوي (F_{mod}) مقابل نسبة النيتروجين إلى الكربون العضوي (N/OC_{total}) لرسوبيات من نهر ماكينزي (الدوائر) عند الدلتا (الأسود) وتسيجيتشيك Tsiigehtchic (الرمادي) وعند منطقة نورمان ويلز (الأبيض). ومن أهم روافده ليارد (الشكل الماسي)، والبيل (المربع الأزرق المعتم) والأحمر القطبي (المربع الأزرق الفاتح). تم تجميع المناظير الجانبية لعمق النهر في عام 2010 والحمولة المعلقة في 2011 (الرموز المصمتة)، ومواد قاع النهر (الرموز المفرغة)، وتم عرض العينات المخزنة المرشحة (المجمعة عام 2009، وتم عرض الأحجام على الشكل) مع نسب الخطأ التحليلية (ضعف الانحرافات المعيارية، s.d.) في شكل خطوط رمادية إذا كانت أكبر من نقاط البيانات. يبين الخط المتقطع التراكيب المتوقعة من خلط جسيمات الكربون العضوية البترولية المشتقة من الصخور والكرة الحيوية لجسيمات الكربون العضوية. الخط الأخضر المصمت هو الاتجاه من اللب الجفتي بغرب كندا.

علم الفيروسات

زيادة التنوع الفيروسي

أوْرَد وو تشون تساو وزملاؤه تقريرًا عن كيفية تطور فيروس الإيبولا، المسؤول عن انتشار الوباء المستمر في غرب أفريقيا. ووصف الباحثون تتابعات الجينوم كاملة الطول لـ175 من فيروسات الإيبولا من خمس مقاطعات في سيراليون، تم جمعها في الفترة ما بين 28 سبتمبر و11 نوفمبر 2014. ووجدوا معدل تطور الفيروس مماثلًا للمعدل الذي لُوحظ أثناء تفشي فيروس الإيبولا السابق. لقد ازداد التنوع الجيني للفيروس بشكل كبير مع ظهور العديد من السلالات الجديدة. وتؤكد الزيادة الحادة في التنوع الوراثي على أهمية مراقبة فيروس الإيبولا في سيراليون، وغينيا، وليبيريا.

Genetic diversity and evolutionary dynamics of Ebola virus in Sierra Leone

Y Tong *et al*

doi:10.1038/nature14490

تطوُّر نَسَب فيروس إيبولا

أوْرَد مايلز كارول وزملاؤه وصفًا للتطور الجيني لفيروس إيبولا المنتشر في غرب أفريقيا، استنادًا إلى 179 تتابعًا فيروسيًّا جديدًا من عيِّنات المرضى، التي تم جمعها في غينيا بين مارس 2014، ويناير 2015. يبين تحليلهم كيف تطورت الأنساب المختلفة، وانتشرت في غرب أفريقيا، بين سيراليون، وغينيا، وليبيريا.

Temporal and spatial analysis of the 2014–2015 Ebola virus outbreak in West Africa

M Carroll *et al*

doi:10.1038/nature14594

ثلاثة أنساب لفيروس الإيبولا

قدَّم إتيان سيمون-لوريري وزملاؤه معلومات جديدة عن تطوُّر فيروس ايبولا، المسؤول عن انتشار الوباء

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

في غرب أفريقيا. وقد حصلوا على تتابعات 85 جينومًا جديدًا لفيروس الإيبولا، تم جمعها من المرضى المصابين، وذلك في الفترة من يوليو إلى نوفمبر 2014 في غينيا. ووجدوا أدلة على انتقال مستديم لثلاثة أنساب مشتركة التداول، وتعريف كل منها بطفرات متعددة.

Distinct lineages of Ebola virus in Guinea during the 2014 West African epidemic

E Simon-Loriere *et al*

doi:10.1038/nature14612

علم الوراثة

الأسباب الوراثية لسرطان الرئة

يكشف فك تتابعات كامل الجينوم من 110 من سرطانات الرئة صغيرة الخلية عن تثبيط ثنائية أَلِيلية مميزة للجينات القامعة للورم *TP53* و*RB1* في جميع الحالات تقريبًا. في العيِّنتين اللتين لا تحملان أي تعديلات في الجينات القامعة للورم *TP53* و*RB1*، ينشط التهشم الكروموسومي السيكلين D1، مما يؤدي إلى التأثير الجزيئي نفسه. وإضافة إلى ذلك.. تحمل 25% من الأورام طفرات معطلة في جينات عائلة *NOTCH*، كما أظهر الباحثون أن تنشيط تأشير *Notch* في نموذج الفأر ما قبل الإكلينيكي يقلل من عدد الأورام، ويمدّ بقاء الفئران الطافرة على قيد الحياة. يسلط هذا العمل الضوءَ على إمكانية التوصل إلى أهداف دوائية محتملة لواحد من أعنف السرطانات البشرية.

Comprehensive genomic profiles of small cell lung cancer

J George *et al*

doi:10.1038/nature14664

علم البيئة

السيانات مصدر غير متوقَّع للطاقة

تُعَدّ عملية النترتة ـ وهي تحول المواد النيتروجينية إلى نترات ـ عملية محورية في دورة النيتروجين العالمية، كما أنها تلعب دورًا أساسيًّا في فقدان الأسمدة بالزراعة الصناعية. يسجل مايكل فاجنر وزملاؤه إمكانية نمو أمونيا البكتيريا المؤكسدة من النوع المسمى *Nitrosphaera gargensis* على السيانات، كمصدر وحيد للطاقة. وقد يكون هذا هو الكائن الحي الوحيد المعروف، القادر على القيام بهذا. تحوِّل البكتيريا السيانات إلى أمونيوم، وثاني أكسيد كربون، باستخدام إنزيم السيانيز cyanase. ويبين المزيد من البحث في المواد الجينية المستخرَجة من التربة أن إنزيمات السيانيزات واسعة الانتشار في البيئة. ويلقي هذا العمل الضوءَ على الأهمية المحتمَلة للسيانات في دورة النيتروجين، كمصدر للنيتروجين المُختزَل في البيئة.

Cyanate as an energy source for nitrifiers

M Palatinszky *et al*

doi:10.1038/nature14856

بيولوجيا الخلية

تشريح انقسام الغشاء

يوفر دينامين إنزيم ثلاثي فوسفات الجوانُوزين GTPase القوة الدافعة للانقسام للبِنَى الحويصلية المقيدة بالغشاء، على الرغم من عدم وضوح الكيفية التي يسهم بها نشاطه في إعادة نمذجة الغشاء. وقد بيَّنت ساندرا شميد وزملاؤها ـ وذلك باستخدام الدينامين في حالته الانتقالية ـ أن الأغشية يمكن أن تشكل وسيطًا نصف انقسامي، ولكن لا يمكنه التطور إلى انقسام كامل. ولكي يتحقق هذا، فإن هناك حاجة إلى نشاط ثلاثي فوسفات الجوانُوزين في تعبئة مجال دينامين PHD، الذي يفكك الدينامين، وينتج استبانة للمركّب الوسيط نحو منتج انشطاري كامل.

A hemi-fission intermediate links two mechanistically distinct stages of membrane fission

J Mattila *et al*

doi:10.1038/nature14509

ريبو-T يفتح مسارات تخليقية جديدة

يتكون الريبوسوم من وحدتين فرعيتين، كل منهما تحتوي على حمض نووي ريبي ريبوسومي طويل، حيث تتجمع العشرات من البروتينات حوله. تحدث إعادة تشكيل الريبوسوم الكامل، حالما تقوم وحدة فرعية واحدة بتحديد موقع إشارة بدء الترجمة. وأثناء انتقال الريبوسوم من مكان إلى آخر على الحمض النووي الريبي المرسال، تخضع الوحدتان الفرعيتان لتصعيد التحركات التي تحول جزيئات الحمض النووي الريبي النقال والسلسلة الوليدة من خلال المركّب. أوردت هذه الورقة البحثية تخليق الريبوسوم مع الوحدات الفرعية المقيدة به، الذي تحقق من خلال تخليق هجين الحمض النووي الريبي الريبوسومي. والمركّب الجديد، المسمى ريبو-T، قادر على دعم نمو الخلايا في الجسم الحي في غياب الريبوسومات من النوع البري، ويُستخدم لإنشاء نظام ريبوسومي-حمض نووي ريبي متعامد بالكامل.

Protein synthesis by ribosomes with tethered subunits

C Orelle *et al*

doi:10.1038/nature14862

فيزياء

تحديد العُقد المؤثرة في شبكات معقدة

في الشبكات المعقدة، تُوجد عُقَد أكثر أهمية من غيرها. العُقَد الأكثر أهمية هي تلك التي تؤدي إزالتها إلى انهيار الشبكة، ولذا.. فإن التعرف عليها أمر حاسم في كثير من الظروف، فعلى سبيل المثال.. إذا كان هناك بحث عن أنجع وسيلة لمنع مرض من الانتشار، ولكن هذه مهمة صعبة، وغالبية الطرق المتاحة لهذا الغرض تقوم أساسًا على التجربة والخطأ. ابتكر فلافيانو مورون، وهيرنان ماكس طريقة صارمة؛ لتحديد العُقَد الأكثر تأثيرًا في الشبكات العشوائية، عن طريق تعيين المشكلة على الترشيح الأمثل، وحل مشكلة تحقيق الأفضلية بالخوارزمية التي سمّاها الباحثون (التأثير الجماعي)، ووجدوا أن عدد المؤثرين الأمثل هو أصغر من ذلك بكثير، وأن العُقَد منخفضة الدرجة يمكن أن تلعب دورًا أكثر أهمية بكثير في الشبكة مما كان يُعتقد سابقًا.

Influence maximization in complex networks through optimal percolation

F Morone *et al*

doi:10.1038/nature14604

المغناطيسية في النحاس والمنجنيز

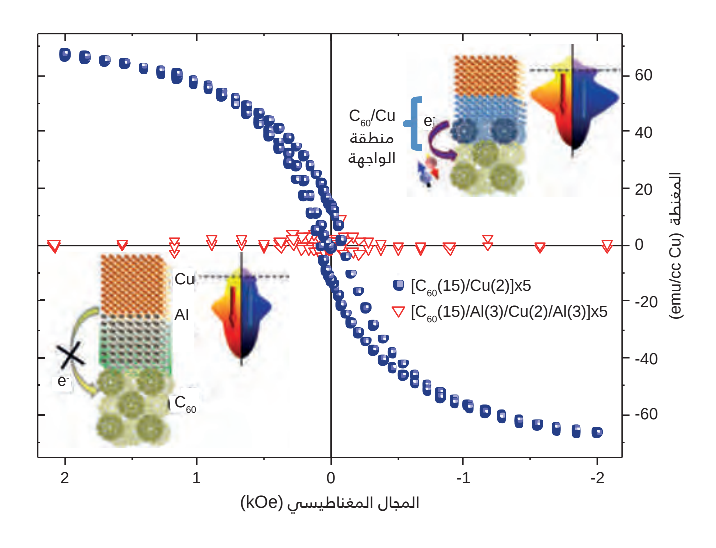
تبيِّن هذه الورقة البحثية أن الأغشية الرقيقة للمعادن غير المغناطيسية، كالنحاس، والمنجنيز، يمكن مغنطتها عند درجة حرارة الغرفة، عن طريق تركيز تحويل الشحنات، الذي يحدث عند الحد الفاصل بين المعدن، وطبقة من الجزيئات. ويمكن لتلك الاستراتيجية أن توسع من نطاق المواد المستخدمة في الأجهزة المغناطيسية، والأجهزة الإلكترونية المغزلية.

Beating the Stoner criterion using molecular interfaces

F Ma'Mari *et al*

doi:10.1038/nature14621

الشكل أسفله | تأثير الواجهات الجزيئية. رسم تخطيط ومغنطة في درجة حرارة الغرفة لعينة $Ta(5)/[C_{60}(15)/Cu(2)]$ و $Ta(5)/[C_{60}(15)/Al(3)/Cu(2)/Al(3)]X5$ / $X5/Al(5)$؛ الأرقام بين القوسين هي سمك الطبقة الرقيقة (الفيلم) بالنانومتر. تنائج نقل شحنة $Cu\text{-}to\text{-}C_{60}$ (النحاس إلى كربون 60) وإعادة تشكيل الواجهة يؤدي إلى تغييرات كبيرة في كثافة الحالات (DOS) للطبقة الرقيقة المعدنية وتقسيم النطاق التي تؤدي إلى الترتيب المغناطيسي. من ناحية أخرى، فاصل من الألمونيوم Al بين كل من المادتين يغربل نقل الشحنة من معدن الانتقال *3d* ويوقف تقسيم النطاق (الفرقة). emu، الوحدة الكهرومغناطيسية.



مهن علمية

مشروعات تعاون يصبح التعاون العلمي عرضة للفشل، إذا لم يتعلم أعضاء الفريق أن يثقوا في بعضهم البعض **ص. 88**

نقطة تحوُّل كيف تَعَلَّم عالِم البيئة مايك رانج المواءمة بين العِلْم والسياسات العلمية **ص. 90**

وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**


VASAVA

تعليم العلوم والتكنولوجيا والهندسة

كيف تَصْنَع عالِمًا

نخبة من قادة الفكر في العالم يجيبون عن السؤال التالي: ما أهم جوانب النقص في أسلوب إعداد العلماء؟ وقد تراوحت الإجابات ما بين العملية، والفلسفية.

بول نيرس

توسعوا عبر التخصصات

مدير معهد فرانسيس كريك بلندن

غالبًا ما تقود برامج الدكتوراة إلى مزيد من التحديد والتخصص، مما يأتي لنا بخريجين لم يحتكّوا بشكل كاف بالجوانب الأوسع نطاقًا من موضوعات تخصصاتهم، وغيرها من الموضوعات ذات الصلة. وإذا نظرنا إلى ما وراء الاهتمامات المباشرة المطروحة في مشروع رسالة علمية، فإن ذلك من شأنه أن يقودنا إلى اكتشاف محاولات إبداعية حقيقية. ومن بين الوسائل المستخدَمة لتوسيع نطاق التفكير، أن نضمن للطلاب سبل التواصل مع مجموعة من المحاضرين المُلهَمين، الذين يكون بوسعهم تغطية نطاق واسع من الموضوعات العلمية، على أن يبتعد بعض هؤلاء المحاضرين عن التركيز على المسائل الخاصة بالدكتوراة. ونحن في معهد فرانسيس كريك سوف نغطي نطاقًا واسعًا من مجال الطب الحيوي، ولدينا محاضرون ملهَمون حقًّا لهذه المهمة. وبرغم ذلك.. لن نغفل الجوانب العلمية الأخرى، مثل فيزياء الطاقة العالية، والمادة المظلمة، وكذلك الجوانب الخاصة بعلم الأحياء، مثل التطور، وعلوم البيئة، التي تُعَدّ غير وثيقة الصلة بمجال الطب الحيوي.

وهناك اقتراح آخر، يتعلق بفكرة أُطلق عليها «فصول الموهوبين»، حيث تحاكي نمط عازفي الآلات الموسيقية. فإذا انتقلنا بتلك الفصول المتخصصة إلى مجال العلوم، يمكن من خلالها أن يلتقي عدد من طلاب الدراسات العليا مع خبير تنفيذي متميز، يتحدث إليهم عن ممارسة العلوم في الحياة العملية. ولا أعني بذلك مناقشة تفاصيل التجارب العلمية، ولكن مناقشة المسائل الأوسع نطاقًا من نوعية: كيف تقوم بإجراء تجربة ناجحة؟ كيف تؤدي العمل بشكل دقيق؟ ما طبيعة المعرفة؟ وغيرها من المسائل.

أما الاقتراح الأخير، فيتمثل في توسيع نطاق التوقعات المأمولة. فعندما يصل الطلاب إلى حد إتمام ثلاثة أرباع مشوارهم الدراسي نحو الحصول على الدرجة العلمية، لا بد من أن يتم إرشادهم وتوجيههم بشكل مكثف، وحثهم على مناقشة مستقبلهم المهني. فإذا أرادوا النظر في وظائف أخرى، فإننا في حاجة إلى تحديد مدة زمنية تقدَّر ببضعة أسابيع، يمكنهم خلالها خوض برامج تدريب داخلي قصيرة. وينبغي علينا أن نكون صرحاء مع أنفسنا، وأن نعترف بأن الطلاب وباحثي ما بعد الدكتوراة لدينا لن يعملوا جميعًا في وظيفة طويلة الأجل في البحوث الأساسية، لكن التعليم الذي يحصلون عليه تظل له قيمته وجدواه، لأنهم من خلاله يكتسبون مجموعات من المهارات التي يمكنهم توظيفها في مجالات أخرى، أي في أعمال ومشروعات سوف يثريها وجود هؤلاء العلماء. إننا نريد أن ◄



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

◄ نرسخ لثقافة تسود فيما بين المرشدين والباحثين، ولا تَعتبِر الطلاب الذين يغادرون المجال الأكاديمي «فاشلين». فهؤلاء الأشخاص قد اختاروا بحكمة وعقلانية، ولا بد من احترامهم وتقديرهم، لأنهم يوظفون العلوم في مجالات أخرى، سوف تستفيد من وجود هؤلاء العلماء.

أتسوشي سونامي
وسِّعوا آفاق الخبرة عبر المؤسسات

أستاذ بمعهد الدراسات العليا الوطني لدراسة السياسات بطوكيو

تحتاج اليابان إلى المزيد من الخبرات في المجالات الناشئة، مثل علوم المخ، وهندسة الخلايا، وعلوم البيانات، والأمن المعلوماتي، ولكن الجامعات ما زالت محصورة في التخصصات العلمية التقليدية. ولذلك.. نطلب من الجامعات حاليًّا وضع برامج تعبِّر عن تلك المجالات المتنامية، حيث تحتاج المؤسسات التعليمية إلى التعاون، لتكوين شبكة من تلك البرامج، لتواجه تراجع أعداد أبناء الشعب الياباني ممن هم في سن الجامعة، ولتواجه القيود الصارمة المفروضة على الموارد المخصصة لتلك المؤسسات.

من المشكلات الأخرى الملحة.. كيفية تشجيع شباب العلماء والمهندسين على الخروج، والعمل مع أفضل المتخصصين في مجالاتهم، وعلى تكوين روابط وعلاقات على المستوى العالمي، حيث أصبح ذلك حاليًّا جانبًا أساسيًّا من جوانب العلوم. وفي ظل التغيرات التي تعرَّض لها النظام الجامعي في اليابان على مدار العقد الماضي، فإن وظائف جديدة كثيرة يدعمها التمويل الخارجي الذي يتميز بطبيعة تنافسية. وهذا يعني أن العلماء الشباب يتم توظيفهم وفقًا لعقود محددة المدة، مما يخلق ظروف عمل لا تمنحهم الشعور بالأمان. فكل 3 سنوات، أو 5 سنوات، يضطر هؤلاء العلماء إلى البحث عن وظيفة جديدة، بعقد تتراوح مدته بين 3، و5 سنوات، وهكذا. وإذا سألتهم لماذا لا يسافرون إلى الخارج؛ لاكتساب خبرات عالمية، أجابوك بأنهم لا يستطيعون المجازفة بتضييع فرصة الحصول على مشروع آخر في اليابان. ولحل تلك المعضلة، نعمل في الوقت الراهن على إقامة علاقات على المستوى العالمي داخل جامعاتنا، يكون من شأنها أن تتيح للباحثين الانتقال إلى دولة أخرى، ثم العودة إلى وطنهم من جديد.

كذلك يجب علينا إحداث تغيير وتنوع في المسار المهني والوظيفي، حيث إنه في القطاع الخاص الياباني، نادرًا ما تقوم الشركات بتوظيف طلاب الدكتوراة، وباحثي ما بعد الدكتوراة، بعد إتمامهم لفترة التدريب. أما في الماضي، فكان من المعتاد توظيف الأشخاص بشكل مباشر، من خلال المؤسسة الجامعية التي يدرسون بها، وتشغيل العاملين من خلال برامج التدريب الخاصة بهم، أي تجاوز التعليم الجامعي، مقابل وظيفة دائمة مدى الحياة. وبوسع الجامعات المساعدة في تغيير ذلك النظام، حيث يمكنها توفير التدريب والخبرة للعمل في الصناعة، وتوجيه طلاب الدكتوراة وباحثي ما بعد الدكتوراة لديها. وللمساعدة في تحقيق ذلك.. نخطط حاليًّا لمشروع مستحدَث للتعيينات البينية عبر المجالات، يتضمن خبراء على مستوى أعضاء هيئة التدريس في الجامعات والشركات. ولا شك أن هذا سوف يمنح المتدربين مهارات قيمة، ويشجع الشركات على توظيف المزيد من حملة الدكتوراة وباحثي ما بعد الدكتوراة من الجامعات.



جيسيكا بولكا
عرِّفوا الهدف أولًا، ثم طالِبوا باتخاذ قرارات

زميلة بحوث ما بعد الدكتوراة في كلية الطب بجامعة هارفارد في بوسطن بولاية ماساتشوستس

يفتقر مفهوم الدراسات العليا إلى تعريف واضح للهدف منه. فإذا اعتبرنا طلاب الدراسات العليا بمثابة متدربين، فيجدر بوكالات التمويل، وبجميع مَن لهم صلة بالأمر التأكد من أن التدريب الذي يحصل عليه هؤلاء الطلاب ذو قيمة لكل من المجتمع، والطلاب. فكلية الدراسات العليا حاليًّا تُعَدّ بمثابة تجربة بحثية مشجعة من الناحية الفكرية، ولكنها لا تمثل تعبيرًا واضحًا عن أي مسار مهني، أو وظيفي. ومن بين الأمور التي تثير تساؤلاتي: هل التسلسل الذي يبدأ بطالب الدراسات العليا، وينتهي بباحث ما بعد الدكتوراة، ضروري بالفعل للتدريب، أم أنه مجرد وسيلة لتكديس الشهادات، وممارسة العلوم بتكلفة قليلة؟ وعلينا أن نعرف الفوائد التي يجنيها الطلاب من السنوات الدراسية الرابعة، والخامسة، والسادسة، مقابل ما يحصلون عليه في السنوات الثلاث الأولى. فهناك ضرورة لتوفير وسيلة للموازنة بين احتياجات طلاب الدراسات العليا، بوصفهم طلابًا، وليس بوصفهم مجرد قوة عمل بحثية فحسب.

لكي يقرر الطلاب ما إذا كانوا سيستفيدون من كلية الدراسات العليا، أم لا، فإنهم سيكونون بحاجة إلى معرفة إلى أين يمكن أن تقودهم تلك الكلية، كما سيحتاجون إلى التوقف عن التفكير في وظائف أعضاء هيئة التدريس، بوصفها النهاية المحتمَلة لذلك المسار الوظيفي. فالوظائف التي يلتحق بها الأشخاص متنوعة، ويرى كثيرون أنهم يستخدمون في تلك الوظائف التدريبَ البحثي الذي حصلوا عليه، ولكن هناك آخرون لا يشعرون بالأمر ذاته. وسوف تساعد التكليفات الخاصة بوضع خطط للتطوير الفردي لطلاب الدراسات العليا وتتبُّع أنشطتهم المهنية في الكشف عن الكيفية التي يبدو عليها سوق العمل في حقيقة الأمر.

لا بد من إتاحة مزيد من الفرص للأشخاص، لاتخاذ قرارات واعية بشأن مستقبلهم المهني. فعلى سبيل المثال.. أعتقد أنه يجب أن تكون درجات الماجستير أكثر شيوعًا وانتشارًا، حيث إن الأشخاص الذين يحصلون على درجة الماجستير بعد اجتياز امتحان مؤهِّل، يجب النظر إليهم بصفتهم يتخذون قرارًا عاقلًا بشأن مواصلة الطريق نحو الحصول على درجة الدكتوراة، وألا نفكر في أنهم قد أخفقوا في الاستمرار بالشكل المُتوقَّع.

مايكل تيتلبوم
تتبّعوا حمَلة الدكتوراة، بعد حصولهم على درجاتهم العلمية

باحث أول مشارك في برنامج العمل والحياة العملية بكلية هارفارد للقانون في كمبردج بولاية ماساتشوستس

ظَلَّ العلماء الشباب من أصحاب الطموح في برامج الدكتوراة على مدار عقود، غير قادرين على تكوين صورة وافية عن شكل فرص العمل المتاحة أمامهم، بل وحتى عن الظروف التي يتعرض لها الخريجون الجدد. وكان ذلك مَجْلَبَةً للإحباط وتثبيط الهمم، بل وكان سببًا محتملًا لاضطرار هؤلاء العلماء للخروج نهائيًّا من المجال العلمي. لذا.. هناك مسؤولية كبيرة تقع على عاتق برامج الدكتوراة، تتمثل في ضرورة بذل أقصى جهد؛ لتحسين تلك الأوضاع.

إن معظم كليات الدراسات العليا ـ على ما يبدو ـ لا تبذل قصارى جهدها لكي تبقى على اتصال بطلاب الدكتوراة، وباحثي ما بعد الدكتوراة السابقين لديها. ربما تعرف تلك الكليات الأماكن التي يذهب إليها خريجوها من حملة الدكتوراة، لإجراء بحوث ما بعد الدكتوراة، ولكنها لا تعلم ما يفعله هؤلاء بعد ذلك بفترة تتراوح بين 5، و10 سنوات. وربما يكون أعضاء هيئة التدريس على علم بما يفعله خريجو المعامل لديهم في الوقت الراهن، ولكن في المعتاد لا يتم تجميع تلك المعلومات بطريقة مركزية. وإذا قامت الجامعات بجمع تلك البيانات بشكل علمي منظم، تمامًا كما تفعل بشأن بيانات خريجيها من

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

VASAVA

الطلاب، فإن تلك البيانات سوف تكون مفيدة لحملة الدكتوراة، وباحثي ما بعد الدكتوراة المنتظرين، الذين يفكرون حاليًّا في مشوارهم الوظيفي.

يجب على الجامعات أيضًا النظر في تقييد مدة بحوث ما بعد الدكتوراة، فقد تبنّت مؤسسات كثيرة حدودًا زمنية رسمية، بلغ معظمها في المعتاد 5 سنوات، لكن تلك الحدود يمكن أحيانًا الالتفاف عليها، من خلال تغيير المسمى الوظيفي، بدون تغيير حقيقي في المهام، أو التوقعات. ولا يمكن لتلك الحدود الزمنية ـ ولا للمسميات الوظيفية الجديدة ـ إصلاح المشكلة الأساسية، التي تتمثل في نقص خيارات الوظائف المتاحة، فسوق العمل لا يزال غير متاح بقوة أمام العلماء الحاصلين على الدكتوراة في معظم المجالات. وبطبيعة الحال، ربما يريد بعض هؤلاء الباحثين الاستمرار لعام سادس، على أمل أن يجدوا جديدًا، أو ربما يظلون لعام سابع، لعلهم يستطيعون نشر تلك الورقة البحثية في احدى الدوريات العلمية المرموقة ذات التصنيف العالي.

وإذا ما أراد أحد باحثي ما بعد الدكتوراة البقاء والاستمرار، وإذا رحّب الباحث الرئيس بذلك، وإذا أتيحت الأموال للمنح البحثية، يتساءل البعض عن الداعي لأنْ يتم تعقيد الأمور بسبب حد زمني تم وضعه بشكل تعسفي. إن تلك الآلية لا تعمل على المدى الطويل، ومن ثم يحتاج المتدربون إلى فهْم أن فرصهم في العثور على وظيفة، من شأنها أن تتناقص، نتيجة لاختيارهم إضافة عام واحد، أو اثنين إلى المدة المخصصة لهم لإجراء بحوث ما بعد الدكتوراة. وقبل أن يصل طلاب الدكتوراة، وباحثو ما بعد الدكتوراة إلى تلك النقطة، يجب على الباحثين الرئيسين أن ينصحوهم بتوسيع نطاق مهاراتهم، بحيث تتجاوز نطاق المهارات التي يتم تدريسها في المعتاد في برامج الدكتوراة. وفي ضوء الصعوبات التي تشهدها أسواق العمل، سواء في الوقت الراهن، أم في المستقبل، فمن المحتمل أن يدرك طلاب الدكتوراة، وباحثو ما بعد الدكتوراة، الذين يتمتعون بالحكمة والعقل، أنهم بحاجة إلى اكتساب مهارات إدارية ومهنية غير علمية، إذا رغبوا في العثور على وظائف مغرية طويلة الأجل، ترتكز على مهاراتهم العلمية.

روبرت تجيان

علِّموا الناس مبادئ الإدارة

رئيس معهد هوارد هيوز الطبي بمدينة تشيفي تشيز بولاية ميريلاند

يقضي طلابي وباحثو ما بعد الدكتوراة ـ الذين يعملون تحت إشرافي ـ جميع أوقاتهم في حالة من التركيز على التجارب العلمية، وهو ما يمثل بالطبع الأولوية القصوى للعلماء الشباب الذين يبنون حياتهم المهنية، لكن ثمة أمر، لم نقم بمواجهته في المجتمع العلمي بطريقة مناسبة، ألا وهو كيف نجعل هؤلاء الطلاب والباحثين يركزون على التفاعل بشكل مُنتِج ومثمر مع الأشخاص الآخرين. فتعلُّم كيفية إدارة فريق عمل، والتعاون مع الآخرين، سوف يصبح أكثر أهمية، خصوصًا عندما تصير العلوم أكثر تعاونًا.

إننا ماضون حاليًّا في تحقيق بعض التحسن فيما يتعلق بتعليم الطلاب كيفية كتابة طلبات المنح، لكن هذا يمثل جزءًا صغيرًا فحسب من إدارة المختبر. أما الجزء الأكبر والأكثر أهمية في إدارة المختبر، فيتمثل في قدرتك على الحصول على أفضل جودة للعمل من الفنيين والمتدربين، بل وحتى من الزملاء. وتشمل البرامج التقليدية في مرحلتي الدراسات العليا ودراسات ما بعد الدكتوراة قدرًا قليلًا من التدريب على إدارة الأفراد، أو تخلو منه تمامًا. لذا.. كان عليَّ تعلُّم ذلك النوع من التدريب، من خلال متابعة طريقة إدارة المرشدين الذين أشرفوا علي مختبراتهم. لم يكن هناك تدريب رسمي على الإدارة من أي نوع. وقد استغرق الأمر مِنِّي فترةً من الزمن، قبل أن أتعلم كيف أرشد الطلاب وأوجههم، بدون أن أهدم ثقتهم بأنفسهم، أو كيف أحفِّز الطلاب بأساليب مختلفة بناء على شخصياتهم.

لا يوجد خارج نطاق برامج ماجستير إدارة الأعمال سوى قدر محدود من التدريب على القيادة، وعلى كيفية تشكيل فريق العمل المناسب، وكيفية إدارة ذلك الفريق بطريقة فعالة. فأسلوب تعاون فرق العمل يمكن أن يؤثر على طريقتنا في ممارسة العلوم في الواقع. وبغض النظر عما إذا كانت الأمور تسير على ما يرام بالفعل، أو أنه قد اختلط الحابل بالنابل، فإنك بصفتك رئيس المختبر، لا بد أن تحافظ على رباطة جأشك وإيجابيتك، وأن تكون بمثابة قائد المشجعين. لذا.. فإن شعورك بالاكتئاب، وإظهارك لتلك المشاعر قلما يكون مفيدًا.

سوف يساعد تحسين التدريب على إدارة المختبرات، وسيعِين الأفراد رؤساء المختبرات على إرشاد الطلاب وتوجيههم إلى اختيار المشكلات البحثية الجيدة، وإلى تجنب الانبهار المُبالَغ فيه بنموذج أو نظام معين، إلى جانب تعليمهم كيفية إجراء التجارب بدقة وصرامة. ويجب على الجامعات الاعتراف بأن التدريب على القيادة مهارة قيِّمة من مهارات المختبر، وعليها أيضًا أن تتعلم كيفية التعامل مع تلك المسألة.

جاري كيناريت

مارِسوا فن طرح الأسئلة الثاقبة

مدير مشروع سفينة قيادة الجرافين بجامعة تشالمرز للتكنولوجيا في جوتنبرج بالسويد

مِن بين المسائل التي لا تتم تغطيتها بشكل علمي منظم في معظم برامج الدراسات العليا.. كيفية تحديد الموضوعات البحثية الجيدة. ليست هناك وسيلة واحدة للقيام بذلك بالطبع، فمن ناحية.. يعتمد الأمر على ما يمكن اعتباره موضوعًا بحثيًّا جيدًا، وهنا تختلف الآراء بوضوح. فكل واحد منا تتغير إجابته وتتطور، كلما اكتسب مهارات وخبرات أخرى، ونجح في تكوين علاقات جديدة، وغيرها من الأمور، لكن بعض الأسئلة تظل ثابتة بلا تغيير، مثل: هل هذا الأمر جدير بأنْ أفعله؟ مَنْ سيهتم، إذا حققتُ، أو حققنا نحن، النجاح؟ هل يمكنني فعل ذلك، سواء بمفردي، أم بالتعاون مع زملائي؟ ما طبيعة المنافسة؟ هل هي مشكلة فردية منتهية، أم من المنتظر حدوث تطورات في المستقبل؟

ليس واضحًا ما إذا كان من الممكن تدريس مهارة اختيار الموضوعات الجيدة، ولكن من الواضح أنه يمكن تعلُّمها، حيث إن بعض الباحثين يصلون إلى الاختيار الصحيح بدرجة أكبر من غيرهم، وهي موهبة يمتلكونها منذ مولدهم في الغالب. وتتمثل الخطوة الأولى في قيام المشرفين وطلاب الدراسات العليا بمناقشة الاختيارات مناقشةً متكررة، وواضحة، ونقدية. وأعتقد أن هذا الجانب من جوانب الدراسات العليا يشهد حالة من التراجع والتدهور، لأن كثيرين من الباحثين يتقيدون بالمنح التي حصلوا عليها، والتي عادة ما تكون مكتوبة، ومقررة قبل توظيف الطالب، كما أنه يجب على الكثير من طلاب الدراسات العليا تنفيذ خطة محددة مسبقًا، وفقًا لحدود زمنية صارمة. إن التخطيط المسبق أمر جوهري بالطبع، لكن التدريب على تحديد موضوعات للدراسة وتغييرها جزء لا يتجزأ من الدراسات العليا، أو ينبغي أن يكون كذلك.

جو هاندلزمان

وَفِّقُوا ما بين التدريب، واتجاهات الوظائف

المدير المشارك للعلوم في مكتب سياسات العلوم والتكنولوجيا بالبيت الأبيض في العاصمة واشنطن

نظرًا إلى أن الوظائف الأكاديمية نادرة، فقد اقترح بعض المحللين خفض عدد الوظائف المتاحة للمتدربين في مجالات العلوم، والتكنولوجيا، والهندسة، والرياضيات، المعروفة اختصارًا بـ(STEM)، لكن هذه الحجة تحتوي على مغالطة في افتراضها أن طلاب هذه التخصصات مدرّبون، وينبغي أن يكونوا مدربين بشكل حصري للعمل في وظائف أعضاء هيئة التدريس في الجامعات البحثية.

في حقيقة الأمر، هناك نسبة صغيرة فقط من الطلبة الذين يضعون أقدامهم على بداية الطريق نحو الحصول على درجة الدكتوراة في مجالات «ستيم»، وسوف يواصل أفرادها السعي حتى يحصلوا على وظائف أعضاء هيئة تدريس. على سبيل المثال.. في مجال الأحياء، تصل تلك النسبة إلى أقل من 8% من طلاب الدكتوراة الجدد. وعلى الرغم من أن تلك الإحصائية ربما تبدو مزعجة، فإنها لا تعكس الاحتياجات والفرص المتزايدة في مجالات التوظيف، التي تتاح خارج الحياة الأكاديمية التقليدية.

تحتاج الولايات المتحدة فعليًّا في الوقت الحاضر إلى عدد أكبر من حملة الدكتوراة في المجالات الأربعة لـ«ستيم». وينبغي علينا محو الفكرة التي تقول إن هؤلاء الأشخاص سوف يكون هدفهم فقط الحصول على وظائف في مجال البحث الأكاديمي فحسب. فهناك ما يزيد على 98% من حملة الدكتوراة في مجالات «ستيم» يشغلون وظائف بالفعل في مجالات متنوعة. إضافة إلى ذلك.. لم تعد وظائف أعضاء هيئة التدريس هي الهدف الأسمى والأعلى لكثير من الخريجين. فعلى سبيل المثال.. كشف استطلاع رأي تم إجراؤه في عام 2011 بجامعة كاليفورنيا في سان فرنسيسكو، أن خريجي الجامعة يطمحون بشكل متزايد إلى إدارة المختبرات البحثية، وتوجيه البرامج التربوية، وصياغة وصنع السياسات العامة، وافتتاح الشركات، والتدريس في الجامعات الصغيرة. رغم ذلك.. فإن عددًا قليلًا من هؤلاء الطلاب المتحمسين يتلقون تدريبًا على المهارات اللازمة للمهن والوظائف غير التقليدية. لذا.. ينبغي تطوير الدراسات العليا في مجالات «ستيم»؛ للوفاء بتلك الاحتياجات. ومن شأن الدورات المقدَّمة في مجالات معينة، مثل طرق التدريس، أو الكتابة العلمية، أو ريادة الأعمال، أو الإدارة، سواء في مقار الحرم الجامعي، أم بواسطة الجمعيات المتخصصة، أن تسهم في إعداد طلاب الدكتوراة؛ لمواجهة سوق العمل الكبير في المجال العلمي.

لا تستدعي مسألة إدراج المزيد من الخبرات التربوية المتنوعة في تدريب الخريجين في الولايات المتحدة إطالة أمد الإطار الزمني. فعلى سبيل المثال.. تم تكليف بعض خريجي «ستيم» في جامعة ويسكونسن-ماديسون بأن يخوضوا تدريبًا داخليًّا لمدة ثلاثة أشهر في مسائل الصناعة، أو أمور الحكم. ولم يؤثر التدريب الداخلي على الوقت المخصَّص لنيل الدرجة، ربما لأن التجربة عزَّزت من تركيز الطلاب ودوافعهم.

يبقى السؤال: إذا أُعيد تصميم التدريب الخاص بمرحلة الدراسات العليا، بغرض إعداد الخريجين للعمل في الوظائف البحثية غير الأكاديمية بصورة أفضل، فهل سوف يمضي هؤلاء الخريجون نحو فرص عمل أكثر تنوعًا، وهل ستزداد ثقتهم في قدراتهم؟ هل سيكونون أكثر ثقةً في كلية الدراسات العليا؟ يستحق الأمر السعي لاكتشاف الإجابات. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



مشروعات تعاون

نصائح مُجرَّبة لفِرَق العمل

يصبح التعاون العلمي عرضة للفشل، إذا لم يتعلم أعضاء الفريق أن يثقوا في بعضهم البعض منذ البداية.

فيرجينيا جوين

كان عالِم الأحياء البحرية بنجامين هالبرن جزءًا من فريق عمل، قوامه 11 شخصًا، التقى أفراده في عام 2012 في منتجع بيئي يقع على الطرف الجنوبي للحاجز المرجاني العظيم في أستراليا. وكانت مهمة الفريق تتلخص في تطوير وسيلة علمية قادرة على اكتشاف حلول لحفظ الأنواع، يمكنها تقليل النفقات إلى حدها الأدنى، بدون التأثير بشكل مُبالَغ فيه على أي جماعة معينة من الأشخاص. وظل أعضاء الفريق يتناقشون ويتباحثون كل صباح على مدار أسبوع كامل بشأن البيانات والنماذج والإحصائيات.

كان أعضاء الفريق جميعًا يذهبون معًا بعد الظهيرة، لممارسة رياضة الغوص السطحي، أو الغوص العميق باستخدام أجهزة التنفس، أو يذهبون لمراقبة الطيور. وأدَّى اصطحاب أعضاء الفريق من رجال ونساء لزوجاتهم وأزواجهن والأطفال إلى أن يبدو اللقاء كأمسية اجتماعية على شاطئ البحر، بدرجة لا تقل عن كونه مشروعًا للتعاون العلمي. يقول هالبرن في هذا الشأن: «وجدنا أنه لا بد لنا أن نرى الكثير من الجوانب المختلفة عن شخصيات زملائنا، وأعتقد أن هذا قد أسهَم في تعزيز أواصر الترابط بين الجميع».

نجح أفراد المجموعة ـ من خلال العمل واللهو بالدرجة نفسها من الحماس على مدار أسبوع كامل في بداية المشروع ـ في بناء علاقات الترابط والثقة التي كانت مطلوبة لمشاركة أفكارهم الراهنة، وتطوير أفكار جديدة في الوقت ذاته. وفي خلال أسابيع، كان أعضاء الفريق قد قدموا النتائج والاكتشافات التي توصلوا إليها، بشأن التخطيط الفعال لحفظ الأنواع، ثم نُشرت تلك النتائج بعد ذلك بثلاثة أشهر فقط (B. S. Halpern *et al*. *Proc*. *Natl Acad*. *Sci*. *USA*) **110**, 6229–6234; 2013). وحسب قول هالبرن، فمنذ ذلك الحين حصل العديد من أعضاء الفريق على مزيد من التمويل؛ لتوسيع نطاق عملهم، وجلب متعاونين جدد من كلية برين للعلوم والإدارة البيئية بجامعة كاليفورنيا في سانتا باربرا. وقد شارك هالبرن حتى الآن فيما يقرب من 20 مشروعًا للتعاون العلمي، بدعم من «المركز القومي للتحليل البيئي والتوليف» بجامعة كاليفورنيا في سانتا باربرا، الذي يُعَدّ بمثابة مركز أبحاث في علوم البيئة، ويمول المشروعات متعددة التخصصات التي تجريها فرق بحثية. يقول هالبرن في هذا الشأن: «الأفكار الجيدة رخيصة الثمن نسبيًّا، أما الجانب الصعب، فيتمثل في تنفيذها، حيث إن العامل الأساسي الذي يؤدي إلى إنجاح مشروع التعاون العلمي أو فشله، يتلخص في أن يكون لديك فريق العمل المناسب».

لا يمكن القول إنّ جميع الفرق المشاركة في مشروع بحثي تعاوني يتاح لأفرادها الالتقاء في مكان فخم، من أجل تكوين روابط وعلاقات، ولكن يمكن لهؤلاء الأفراد اتخاذ خطوات، كي يضعوا مشروعاتهم على بداية الطريق السليم منذ البداية، ولكي يواصلوا دفع عجلة تلك المشروعات إلى الأمام. وينبغي على هؤلاء الأفراد اتخاذ تلك الخطوات، لأن مخططات التمويل تشجع على التعاون، بل وتعتبره مطلبًا رئيسًا، حسب قول كوين فرينكين، الذي يقوم بتدريس علوم الابتكار والإبداع بجامعة أوتريخت في هولندا. ومن الأمور المحورية لشباب الباحثين تحديدًا، أن عليهم أن يبذلوا قصارى جهدهم؛ لضمان أن تبقى فرق عملهم، ومواقعهم بداخلها سائرة على المسار الصحيح.

عادةً ما تنتشر الأخبار التي تحكي عن المتعاونين «الجيدين» انتشارًا سريعًا، فمثل هؤلاء الأشخاص يزيد عليهم الطلب كثيرًا، في حين أن المتعاونين الذين يُطلق عليهم وصف «سيئين» ربما لا يعلمون شيئًا مطلقًا عن السمعة السيئة التي التصقت بهم (انظر: «صور كاريكاتيرية»). وفي هذا الصدد، يقول لينوس داهلاندر، الذي يدرس مشروعات التعاون العلمي في الكلية الأوروبية للإدارة والتكنولوجيا في برلين: «المجتمعات الأكاديمية صغيرة حقًّا، وعادةً ما يرغب الناس في تجنب الصراعات». فمعظم الباحثين الذين يصيبهم الضيق بسبب عضو غير فعال في الفريق لا يتحدثون عن ذلك الأمر مطلقًا، بل إنهم يقومون بأداء العمل المفترَض أن يقوم به ذلك الزميل المتقاعس، وينسبون ذلك العمل إليه، ثم يتجنبون التعاون معه مرة ثانية، حسب قول باري بوزيمان، مدير مركز بحوث وتصميم المنظمات بجامعة ولاية أريزونا في فينيكس.

تحذيرات من الفشل

رغم الجهود المضنية التي يبذلها كل شخص، فإن مشروعات التعاون العلمي يمكن أن تنهار وتفشل، نتيجة لأسباب عديدة، من بينها حالات سوء الفهم، أو الافتراضات الخاطئة، أو حدوث صِدام بين الشخصيات. فقد يمتلك أحد أفراد الفريق شخصية قوية مهيمِنة على الآخرين. وفي أحيان أخرى كثيرة، يَفترض أفراد الفريق أن زملاءهم يشاركونهم أفكارهم. يقول بوزمان عن ذلك: «لا تفترض أن كل شخص يعرف ما تعرفه أنت، أو يدرك الأمور بطريقتك أنت».

تبرز هذه المشكلة في مشروعات التعاون الدولي تحديدًا، عندما يمكن للحواجز الثقافية أو اللغوية أن تمثل تحديًا لفريق العمل، ولكن هناك أيضًا اختلافات في تركيبة مثل تلك المشاركات، حسب قول ميليسا أندرسون، أخصائية التعليم العالي بجامعة مينيسوتا في مينيابوليس، التي تُجْرِي أبحاثًا عن جوانب النزاهة العلمية في العمل الجماعي. تقول أندرسون إنّ تلك الاختلافات يمكن أن تشمل كيفية تنظيم مشروعات التعاون وتمويلها في البلدان المختلفة، إضافة إلى القوانين الفيدرالية والوطنية التي تحكم عمل كل عضو من أعضاء الفريق في دولة مختلفة. وتضيف: «لا تكون لكل الدول التوقعات نفسها بالضبط فيما يتعلق بمسائل النزاهة».

تضيف أندرسون قائلة إنه يمكن أن تحدث حالة من الارتباك بشأن تعريف انتحال الأفكار، أو بخصوص الاختلافات الثقافية التي تجعل من غير الواضح كيف يتعامل المرء مع المخالفات والأخطاء التي تقع، أو كيف يعترض على أحد رؤسائه. ويمكن لأفراد الفريق تجنب الكثير من تلك المشكلات المحتمَل حدوثها، من خلال تدبير الوقت اللازم لعقد لقاءات مع باقي أعضاء الفريق، لمناقشة المسائل المالية، والأخلاقية، والثقافية بشكل شخصي.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

كذلك من الوارد حتى أن يُمْنَى المتعاونون الذين ينتمون إلى البلد نفسه بالفشل والإخفاق، بسبب عدم توفر الوقت للتفاعل وجهًا لوجه، خاصة إذا كانوا ينتمون إلى تخصصات مختلفة. وتزداد المسألة سوءًا في الوقت الراهن في عصر التكنولوجيا الرقمية، حيث لا يحتاج العلماء مطلقًا في هذا العصر إلى الالتقاء وجهًا لوجه، لكي ينضموا معًا إلى عضوية مشروع بحثي. وقد تعرَّض ستيف فيور لتجربة شخصية مباشرة، أدرك من خلالها أهمية التأكد أن المصطلحات والألفاظ المشتركة تعني الشيء نفسه لجميع الأفراد. فقد كان فيور جزءًا من مشروع متعدد التخصصات، بمشاركة جامعات عديدة في عام 2010، من أجل تطوير فرق عمل من البشر والروبوتات، وهو العمل الذي كاد ينهار، بسبب لفظة واحدة بسيطة، كانت لها معان مختلفة، وفقًا لإدراك كل شخص مشارك في المشروع.

يقول فيور، وهو عالِم الإدراك، الذي يدرس الأبحاث الجماعية بجامعة فلوريدا الوسطى في أورلاندو: «كنا ندور في حلقة مفرغة» بشأن تطوير النماذج واختبارها، ثم أدركت أن لفظة «النموذج» كانت لها معان مختلفة للمهندسين من جهة، ولعلماء الكمبيوتر الذين كانوا يعملون في تطوير الذكاء الاصطناعي من جهة ثانية، ولعلماء الاجتماع من جهة ثالثة»، ثم تفاقمت حالة الارتباك، بسبب عقد الاجتماعات الخاصة بالفريق عبر الهاتف. يقول فيور: «لم تكن هناك تلك الإشارات الشخصية، التي كان بوسعها أن تجعل حالات سوء الفهم أكثر وضوحًا». وعندما أدرك فيور ما كان يحدث، أخذ يشرح المشكلة للفريق، وبدأ مشروع التعاون يسترد قوة الدفع من جديد». وقام أعضاء المجموعة باستعراض مناقشاتهم فيما بعد، من خلال البريد الإلكتروني؛ لمنع تكرار أي كوارث.

اتفاق علمي مبدئي

هناك سؤال ما زال قائمًا: كيف يمكن الحيلولة دون أن يصل مشروع تعاون علمي إلى حافة الانهيار؟ من بين الطرق التي يمكن استخدامها: استحداث مرادف علمي للاتفاق المبدئي الذي يُبرم قبل عقد الزواج (انظر: «حِيَل التعامل مع العمل الجماعي»). فذلك الاتفاق، إضافة إلى أنه يحدد توقعات أفراد الفريق، فإنه يوضح أيضًا الأهداف الإجمالية، والرؤية العامة للفريق، ومبادئ التأليف، إلى جانب خطط الاتصال والطوارئ. وقد يجاهد الباحثون الأصغر سنًّا؛ لإقناع المتعاونين الأقدم منهم بتبنّي ذلك النهج الرسمي، حسب قول كارا هول، مديرة فريق علوم الدراسات الجماعية بمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية في بيثيسدا بولاية ميريلاند، التي تضيف قائلة إنّ صغار الباحثين يمكنهم الدخول في حوار بشأن المسائل التي تغطيها وثيقة الاتفاق المذكورة، والتي من بينها ـ على سبيل المثال ـ تحديد حقوق التأليف.

لا توجد بيانات توضح ما إذا كان استخدام ذلك الاتفاق البحثي المبدئي في ازدياد أم لا، ولكن هول تقول إن الطلبات المقدمة لعروض تقديمية تناقش ذلك الموضوع قد زاد عددها بصورة كبيرة للغاية. ويشجع هالبرن ـ الخبير المحنك في شؤون مشروعات التعاون العلمي ـ كل مجموعة من المتعاونين على أن يبدأوا ـ على الأقل ـ في قضاء بعض الوقت في الحديث عن توقعاتهم، والتأليف، والنظر في صياغة اتفاقات خطية في بداية كل مشروع جماعي. فقد اتفق أفراد فريق عمل من الفرق التي عمل معها هالبرن على أن الباحثين الأفراد المهتمين بنشر أبحاث عن موضوع معين ناتج عن عمل جماعي ينبغي مَنْحهم الحرية للقيام بذلك، دون انتظار أن تُدرَج جميع أسماء أعضاء الفريق في قائمة الباحثين المؤلفين. ونتيجة لذلك.. أثمر الجهد الجماعي الذي قام به الفريق عن مزيد من الأعمال المتميزة.

وحسب قول بول هيرش، الذي يدرس مشروعات التعاون العلمي متعددة التخصصات بجامعة ولاية نيويورك في سيراكيوز، فإنه من بين الأمور المفيدة أيضًا رسم مخطط بياني مشترك، يمثل مشكلة البحث، والدور الذي يسهم به كل فرد في العمل. فعلى أقل تقدير، ينبغي على قادة فرق العمل والباحثين المتعاونين مناقشة التوقعات، وأساليب العمل، وكيفية تنفيذ رؤيتهم المشتركة. ويمكن للمتعاونين الأفراد استحداث ممارسات وقواعد غير رسمية تناسبهم، بما في ذلك إجراءات الإدارة التعاونية.

عندما كان هاورد جادلين، محقِّق الشكاوى بمعاهد الصحة الوطنية، يدرس مشروعات التعاون الناجحة أثناء مشاركته في تأليف تقرير معاهد الصحة الوطنية الأمريكية، الذي نُشر بعنوان «التعاون والعلوم الجماعية: دليل ميداني»، *Collaboration and Team Science: A Field Guide* (2010)، وجد أن أعضاء فرق العمل المشاركين في مشروعات التعاون الناجحة كانت لديهم رؤية مشتركة متعلقة بالعمل الذي كانوا يقومون به، وكيف يمكن لمشاركاتهم أن تسهم في تحقيق الرسالة الأكبر (انظر: /go.nature.com ghcwfs). كذلك يمكن للقيادة الفعالة لفرق العمل أن تسهم في تجنب الصراعات والنزاعات. وفي هذا الصدد يقول دالهاندر: «قادة المجموعات مسئولون عن خلق ثقافة، يتقاسم الأشخاص من خلالها الأفكار التي تفيد الفريق ككل، وإلّا فسوف ينتهي بنا الحال إلى وضع يشبه ما تعرضت له شخصية «جولوم» في رواية «سيد الخواتم»، عندما لم يُرِد أن يشاركه أحد في خاتمه «الثمين»».

«عادةً ما تنتشر الأخبار التي تحكي عن المتعاونين «الجيدين» انتشارًا سريعًا، فمثل هؤلاء الأشخاص يزيد عليهم الطلب كثيرًا».

من غير المثير للدهشة أن الوعود التي تبشِّر بتقديم حصة كبيرة من التمويل يمكنها أن تكون حافزًا للمشاركة بين أعضاء الفريق. ففي العام الماضي، كان كريس نومورا ـ الذي ينتمي إلى حرم جامعة ولاية نيويورك في سيراكيوز ـ واحدًا من بين عدد من الكيميائيين والفيزيائيين «أنصار البيئة»، الذين قامت المؤسسات البحثية بجامعة ولاية نيويورك بحشدهم، في محاولة لتوحيد الخبرات في المجالات المختلفة والمتنوعة، عبر المواقع الأربعة للجامعة.

كان التحدي يتمثل في دفع تلك المجموعة الفرعية إلى إنفاق مبلغ صغير من رأس المال التأسيسي، لمتابعة الأولويات البحثية المشتركة ذات الصلة بالمواد المركبة الخضراء، ولكن لم يكن هناك تعارف من أي نوع على الإطلاق بين هؤلاء العلماء، وكان بعضهم في حيرة بشأن سبب اختيارهم. كما كان عدد من أعضاء الفريق الذين اكتووا بالنار في مشروعات تعاون سابقة متخوفين من مشاركة أفكارهم، خشية أن تتعرض للسرقة.

يقول نومورا إن أفراد تلك المجموعة الفرعية أبرموا اتفاقًا قبل أول اجتماع لهم يقضي بعدم الإفصاح، حتى يمكنهم أن يشعروا بالارتياح في الحديث مع بعضهم البعض بصراحة ووضوح. كذلك أمضوا بعض الوقت في مناقشة الخبرات والتجارب السلبية السابقة، ووقَّعوا اتفاقًا يحدد السلوكيات التي ينبغي تجنبها، وبصفة أساسية اتفقوا على ألّا تُستخدم أية أفكار تتم مناقشتها داخل المجموعات في المقترحات والخطط البحثية الفردية الرامية إلى الحصول على مِنَح، بدون الحصول على إذن من المجموعة.

إيجاد أرضية مشتركة

نصح هيرش فريق نومورا في تلك الفترة بالبحث عن وسيلة للاصطفاف وراء هدف واحد، ألا وهو تحديد هدف بحثي مشترك. وتحمَّس أعضاء الفريق بشكل جماعي، لتطوير وسائل مبتكرة موفرة للطاقة؛ لإنتاج المواد المركّبة. وقد اتضح فيما بعد أن هذا المشروع كان مؤهَّلًا للمنافسة بنجاح على التمويل المعروض من هيئة أبحاث وتطوير الطاقة بولاية نيويورك. يقول نومورا: «حدث أمر مدهش، بعد أن تحدثنا معًا عن بحثنا، وقررنا أن نتقدم بطلبات للحصول على مِنَح. فقد اتفقنا على توزيع غير متكافئ لرأس المال التأسيسي، بحيث تحصل بعض المجموعات على مبالغ أقل، بينما يحصل البعض الآخر على مبالغ أكبر، مع إدراكنا أن ذلك سوف يخدمنا جميعا من الناحية الاستراتيجية على المدى الطويل».

يُذكِّر هالبرن الباحثين الذين لا يزالون يضعون أقدامهم على بداية الطريق بأنّ بإمكانهم تعويض ما ينقصهم من خبرة في مشروعات التعاون، من خلال تخصيص الوقت والجهد. ويقول عن ذلك: «تَقَدُّمك بعرض للإسهام من خلاله بجهدك هو أفضل وسيلة للانضمام إلى مشروعات التعاون، وربما للانتقال إلى المرحلة التالية من حياتك المهنية». فعلى سبيل المثال.. عندما كان هالبرن لا يزال يدرس في السنة الأولى من مرحلة الدراسات العليا، عَرَض على فريقه التعاوني الأول أن يتولى قيادة عملية التحليل الإحصائي البعدي للبيانات المتاحة الخاصة بقيمة ◄

نصائح عملية

حِيَل التعامل مع العمل الجماعي

يكمن السر وراء مشروعات التعاون العلمي الناجحة في التخطيط المسبق، وبُعْد النظر. وتقدم حقيبة الأدوات العلمية الخاصة بفريق العمل بالمعهد الوطني الأمريكي للسرطان مجموعة من النصائح والإرشادات (go.nature.com/fyrefu). وفيما يلي أدناه مجموعة إضافية من الأفكار المستخلصة من المقابلات التي أُجريت في إطار إعداد هذا المقال.

- اختر أعضاء الفريق من الأشخاص الذين يتمتعون بعقلية متفتحة، يمكنها تقبُّل الأفكار الجديدة، وترغب في المشاركة بشكل عقلاني.
- ينبغي على قادة فرق العمل خَلْق بيئة، يمكن للأشخاص من خلالها ممارسة الاختلاف في الرأي بشكل بَنّاء، وتتاح فيها حرية توجيه أسئلة «غبية».
- يجب التفاوض والنقاش بين أفراد الفريق بشأن أي اتفاق «مبدئي» يتناول الأدوار والمسؤوليات منذ البداية.
- على قادة الفرق أن ينسبوا منتجات التعاون إلى أعضاء الفريق، الذين سيحصلون منها على أفضل الفوائد المهنية.
- ينبغي على الباحثين الأحدث سنًّا تنظيم جداول التدريس؛ لإتاحة الوقت الكافي للمشروعات المشتركة. **فيرجينيا جوين**

المتهربون من العمل الجماعي

صور كاريكاتيرية

فيما يلي بعض أنماط الشخصيات التي يجب على الباحث أن يتجنب تقمُّصها في مشروع تعاون علمي، إذا أراد أن يكون موضع ترحيب في عمليات تعاون لاحقة.

● النجم اللامع المثقل بالأعباء. يشير هذا النمط من الشخصيات إلى الباحث الذي يكون محط الأنظار، ويكون مطلوبًا بشدة من الجميع، والذي يمنح وجوده قوة وقيمة للجهد والعمل المبذول، غير أنه لا يكون بمقدوره تخصيص قدر كبير من الوقت لفريق عمل واحد، أو الاهتمام به.

● الكسول. هو عضو في فريق العمل، يمكن تعريفه ببساطة بأنه لا يشارك في الجهد المبذول، ربما نتيجة لغياب الرؤية المشتركة، أو لعدم توافقه مع الهدف.

● مُدَّعِي العِلْم. يشير هذا النمط إلى الباحث الذي يهيمن على الحوار، ولا يترك المجال أو الفرصة للاستماع إلى وجهات نظر جميع الزملاء.

● المترصِّد. هو عضو في الفريق، يخفي وجهة نظره/نظرها في الأمور المختلفة، في حين أنه يستوعب وجهات نظر جميع الأعضاء الآخرين. وعادةً ما تمثِّل المنافسة الشديدة دافعًا لمثل ذلك الشخص، ولكنه غالبًا ما يقطع جسور الود مع الآخرين.

فيرجينيا جوين

◄ الحفظ للمحميات البحرية. وكانت تلك خطوة انتقالية، وضعته في مكانة أتاحت له العمل مع شبكة من القادة العلميين في حفظ الأحياء البحرية.

رغم الجهود القصوى المبذولة للحفاظ على قوة الدفع، يكون من الضروري أحيانًا التخلي عن مشروع التعاون ببساطة. فبعض الفرق قد تصل إلى مرحلة من الجمود وعدم الفاعلية، مثلها في ذلك مثل أية علاقة إنسانية، أو ربما تصير العقبات التي تعترض طريق تلك الفرق كاسحة بشكل لا يمكن مقاومته. يقول جادلين في هذا الصدد: «لقد رأيت مشروعات تعاون علمي تنهار، ولا تستطيع النهوض من كبوتها مطلقًا».

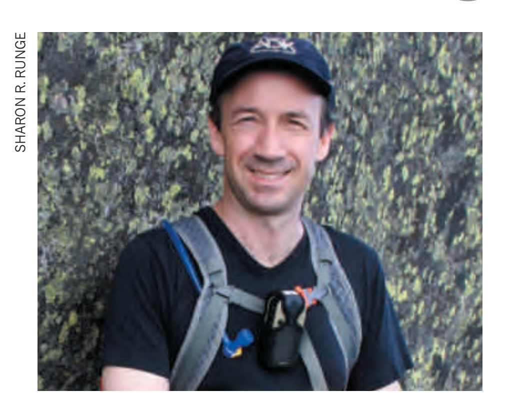
مع ذلك.. ففي النهاية، لا يكون للنجاح ـ الذي يُقاس بعدد الاستشهادات والاقتباسات ـ التأثير المحوري على استمرار مشروع تعاون معين، فغالبًا يمكن الحكم على العمر الافتراضي لمشروع جماعي من خلال ما يُعرف باختبار احتساء الشراب. يقول دالهاندر: «إذا لم يصل المتعاونون إلى درجة من الحب، تكفي لاحتسائهم كوبًا من الشراب معًا بعد انتهاء اجتماعاتهم، فإن ذلك يمكن أن يمثل علامة على مصير الفشل المحتوم الذي يسيرون في اتجاهه». ■

فيرجينيا جوين كاتبة حرة، تقيم في بورتلاند، أوريجون.

نقطة تحوُّل

مايك رانج

مايك رانج هو عالِم بيئة متخصص في الحياة البرية، ويعمل في هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS). يشارك رانج في ترأس فريق، أُطلَق في 6 يوليو الماضي خطة «إنقاذ النوع» لحيوان الدب القطبي، الذي يُعَدّ من أبرز الثدييات المدْرَجة على قائمة الحيوانات المهدَّدة، من حيث صلتها بتوقعات التغيرات المناخية. ويشرح رانج كيف تَعَلَّم المواءمة بين العلم، والسياسات العلمية.



SHARON R. RUNGE

ما هو أفضل شيء أعَدَّك للعمل في مجال السياسات العلمية؟

لقد قمت بتعليم صفوف المدارس الثانوية لمدة خمس سنوات بعد حصولي على درجة التعليم الجامعي في علم الأحياء الجزيئية والفلسفة. لا يمكنك تدريس حساب التفاضل والتكامل لطلبة في أعمار 17 سنة في الساعة الثامنة صباحًا، إلا إذا فكرت وأدركت دوافعهم، وما الذي سيستحوذ على اهتمامهم. لقد كانت مهمة غير عادية وقيِّمة، وقد علمتني كيفية الإنصات، والحياد، والتواصل الفعال مع الأشخاص في الظروف المختلفة، وهي مهارات شديدة الأهمية بالنسبة لي اليوم.

كيف التحقتَ بهذا المجال؟

أثناء دراستي للحصول على شهادة الدكتوراة في برنامج علم الحياة البرية، كان مشروعي هو تطوير نماذج كَمِّيّة لديناميكيات جماعات حيوان القندس. وقد دمجت نماذج الجماعات مع العوامل التي تؤثر في جهود الصيد، مثل أسعار الجلد، وتكلفة استهلاك الغاز. وهذه النماذج يمكن أن يستخدمها مديرو برامج الحياة البرية في نيويورك؛ للمساعدة في تنظيم اصطياد حيوان القندس. فأنا أستخدم هذا النهج؛ لإدماج الأساليب العلمية الكمية في أوضاع الحياة الواقعية.

متى بدأتَ العمل على موضوع حيوان الدب القطبي؟

بعد أن بدأت دراسات ما بعد الدكتوراة مع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية، تلقيت طلبًا للعمل على نماذج تنبؤية لجماعات حيوان أبقار البحر. ويخضع هذا الحيوان للحماية بموجب القانون الأمريكي للأنواع المعرضة للخطر، والقانون الأمريكي لحماية الثدييات البحرية. لذا.. فقد تعلمت الأطر القانونية التي يعمل من خلالها مجال العلوم. وفي عام 2007، عندما تم تقديم عريضة لهيئة الخدمات الأمريكية للسَّمك والحياة البرية؛ لإدراج حيوان الدب القطبي كحيوان مهدَّد بالخطر؛ تم اختيار هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية لدراسة الأعداد الحالية والمتوقعة مستقبلًا لحيوان الدب للقطبي في مواجهة التغير المناخي. وبفضل خبرتي في العمل على موضوع أبقار البحر، طُلِب مِنّي الالتحاق بفريق عمل بناء نماذج جماعات حيوان الدب القطبي، ثم طُلب مِنّي لاحقًا الالتحاق بفريق خطة الإنقاذ.

ماذا كان التحدي الأكبر في كتابة خطة الإنقاذ؟

يُعَدّ حيوان الدب القطبي أيقونة القطب الشمالي، ومحط اهتمام الجميع. وهناك مجموعات متنوعة من الناس من السكان الأصليين لمنطقة ألاسكا ـ مرورًا بالعاملين في صناعة النفط والغاز، حتى العاملين في منظمة «بولار بيرز إنترناشونال» Polar Bears International، وهي منظمة دفاعية ـ لديهم شغف تجاه القطب الشمالي على مختلف الجوانب. وقد كان تحديًا أن نتعرف على كل هذه المجموعة الواسعة من الأصوات، واستقطابها جميعًا، حتى يتم الاستماع إلى كل صوت فيهم، ولكنها كانت أيضًا فرصة لخلق أمر راسخ، وهو رؤية مشتركة حول كيفية إدارة موضوع حيوان الدب القطبي.

هل كانت المفاوضات متوترة؟

كان أصعب جزء هو حَمْل الجميع على عرض مواقفهم بوضوح، حتى نتمكن معًا من التوصل إلى حل. فقد حاولت صياغة إطار لمواجهة الأمور المُتنازَع عليها، والمفاضلة بين الحلول بطريقة مباشرة وباحترام. في البداية، اعتقدت أنه حين يتعلق الأمر بالتعاون، فإن السياسيين الموجودين في القمة هم الأسوأ، ولكني وجدت أن الكثير من المُشرِّعين ـ هؤلاء الذين يتعاملون بصفة يومية مع الأمور الأكثر وضوحًا، والأكبر حجمًا ـ يعرفون كيف يبدون اعتراضهم بطريقة تحمل الاحترام، ويسعون نحو حلول وسط عن طريق التسوية.

ما هي النصيحة التي تقدمها إلى العلماء الذين يعملون في مناطق ذات حساسية سياسية؟

لكي نكون منصفين... فإنني حظيت بفرصة مقابلة مجموعات مختلفة من الناس، ومعرفة كيفية تأثير إدارة الحياة البرية على حياتهم. والكثير من تلك المواقف يُعتبر ذا طابع سياسي ومتوتر، ويتطلب تفهمًا بدون أحكام مُسبقة للاهتمامات والمصالح متعددة الجوانب المتعلقة بعالم الطبيعة.

هل تقوم بكتابة قواعد عن كيفية المضي قدمًا في خطط الإنقاذ المرتبطة بالتغير المناخي؟

لم نبدأ بعد في وضع إطار لذلك، ولكن في بداية هذا العام، أصدرت خدمة المصايد التابعة للإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي خطة إنقاذ لأنواع المرجان، تُعتبر الأولى من نوعها التي تتناول التأثيرات التي تحدث على مستوى الأنواع، ومستوى استراتيجيات تقليص المخاطر، في مواجهة التغير المناخي. فنحن نريد بذل قصارى جهودنا في سبيل حيوان الدب القطبي، وأعتقد أن هناك فِرَق إنقاذ أخرى سيكون عليها أن تمر خلال عملية مشابهة لتلك. ■

قامت بإجراء المقابلة: فيرجينيا جوين

تم تحرير هذه المقابلة لمراعاة المساحة المتاحة، والوضوح للقارئ.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
مجموعة نيتشر للنشر (NPG)

تقرير مُلَخّص

ورشة عمل: خطوات مستقبلية للنشر العلمي في المملكة العربية السعودية

الرياض – إبريل 2015







يقول عبد العزيز السويلم، نائب رئيس «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» لدعم البحث العلمي: «لا بد أن نركِّز على جودة منتجاتنا البحثية؛ من أجل تحقيق تَحَوُّل في اقتصاد المملكة العربية السعودية؛ من اقتصاد قائم على النفط إلى اقتصاد قائم على المعرفة».

تسعى «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» لدعم هذا التحول، من خلال الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار في المملكة العربية السعودية، التي أُعطِيَت مسمَّى «معرفة». يقول السويلم: «إنّ هذه المهمة ليست صعبة، ولكنها تتطلب مساعدة من باحثين موهوبين». ويضيف قائلًا: «نحن في حاجة إلى منتجات بحثية عالية الجودة، تكون مؤشِّرًا إلى أننا نسير في الاتجاه الصحيح».

لقد احتلت المملكة العربية السعودية المرتبة رقم 35 على مستوى العالم على مؤشر «Nature Index» في نوفمبر 2014 (وهو المؤشر الذي يرصد التنسيب الأكاديمي للبحوث العلمية عالية الجودة)، لتتقدم بذلك المملكة العربية السعودية 4 مراتب عن المرتبة رقم 39، التي احتلتها في عام 2012. وقد تَحَقَّق هذا النمو كنتيجة لازدياد مستوى التعاون الدولي، والتمويل المُقدَّم من «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية». وانطلاقًا من الرغبة في الاستفادة من هذا التقدم، واستغلاله، قامت «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» بالاشتراك مع مجموعة نيتشر للنشر (NPG)، بتنظيم ورشة عمل تحت عنوان: «خطوات النشر العلمي المستقبلية في المملكة العربية السعودية». وقد ضَمَّت الورشة أهم المؤسسات البحثية في المملكة، لتحديد القضايا التي تؤثر على المجتمع البحثي السعودي، ووضع الرؤى المثلى للتعامل معها، بالإضافة إلى تعزيز وَضْع المملكة العلمي في الخارج، بشكل أفضل مما هو عليه الآن.

تَناوَل الجزءُ الأول من ورشة العمل نتائجَ استقصاء، شَمِلَ باحثين ينتمون إلى مؤسسات بحثية متعددة في المملكة العربية السعودية، ونُشرت بحوثهم العلمية في دوريات عالية التأثير على مدى الأعوام الأربعة الماضية. بلغ معدَّل الإجابة عن الاستقصاء 90%، حيث تَضَمَّن 20 سؤالًا، شَمِلَت: التعاون الدولي ووَضْعه الحالي، والتوعية العلمية والتواصل العلمي، والتوظيف، ودَعْم النشر، والتمويل، وإتاحة الوصول إلى البحوث المنشورة.

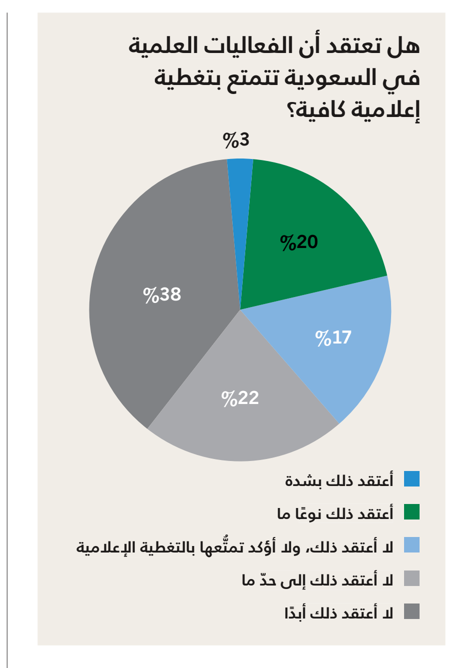
أمّا الجزء الثاني، فاشْتَمَلَ على حديث ممثلي عديد من المؤسسات البحثية عن تجاربهم، التي كانت من خلال التحرير، والنشر العلمي، والتوعية العلمية، والتواصل العلمي، والتوظيف؛ لتحديد أفضل الممارسات؛ والتعرُّف على قصص النجاح.

التعاون الدولي

إنّ التعاون الدولي هو بمثابة المِنَصَّة، التي تتيح للعلماء والباحثين الالتقاء، ومناقشة أحدث وسائل التقنية، وتبادُل الرؤى والخبرات، والتعاون فيما بينهم. وبإمكان هذا التبادل الفعّال للمعارف والخبرات أن يساعد المملكة العربية السعودية على زيادة جودة البحوث التي تُجْرَى في المملكة، وأنْ يجعلها جزءًا ـ لا يتجزأ ـ من المجتمع العلمي الدولي. وفي هذا الصدد.. يقول جون جولياني، الذي يترأس مجموعة نيتشر للنشر في منطقة الشرق الأوسط: «إن النظر إلى المملكة العربية السعودية كمكان حاضِن للنّقاش العلمي سيكون له بالغ الأثر في تشجيع المؤسسات الدولية على الاتصال بالمؤسسات البحثية في المملكة، بغرض التعاون معها في المجال العلمي».

وجدير بالذِّكْر أنّ الفعاليات العلمية المُقَامَة في المملكة، وفقًا لما أشار إليه 60% من المشمولين بالاستقصاء، لا تحصل غالبًا على تغطية ودعاية كافِيَتَيْن. وحتى عندما تتم الدعاية للفعاليات بوقت كافٍ قبل إقامتها، فإنّ مشكلات تأشيرات الدخول قد تعوق المشاركة فيها؛ مما يشكِّل تحدِّيات أمام المؤسسات الراغبة في استقبال بعض الباحثين الوافدين من الخارج. وقد كانت لـ«مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» الريادةُ في تطبيق سياسات ستساعد على التعامل مع هذه المعوقات، بغرض تيسير أوجه التعاون، وحضور الملتقيات والمؤتمرات العلمية.

كما وَقَّعَتْ «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» مذكرة تفاهم مشتركة مع مؤسسة «تومسون رويترز» للملكية الفكرية والعلوم، تكون بموجبها شريكًا استراتيجيًّا للمدينة في مجال



المعلومات العلمية، والنشر العلمي، وبراءات الاختراع، وذلك بهدف تطوير البحث العلمي في المملكة، وتعزيز حضوره على المستوى العالمي؛ للإسهام في تحقيق رؤية المملكة بِتَحَوُّلِها إلى مجتمع واقتصاد معرفي، من خلال المشروعات والبرامج المنبثقة عن المذكِّرة.

كما سيثمر التعاون عن اشتراك المدينة بقواعد معلومات متخصصة، واستخدام أدوات تحليل متقدمة للمعلومات، تسهم بشكل فعّال في توجيه نشاطات البحث العلمي في التقنيات ذات الأولوية بالنسبة للمملكة، التي حُدِّدَت في الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار، ورَصْد مؤشرات الأداء الأساسية لمخرجات البحث العلمي في الجامعات والمراكز البحثية في المملكة، كالنشر العلمي، والملكية الفكرية، من خلال مواقع تفاعلية تتيح للمستخدِم عمل المقارنات اللازمة، والتحليل.

وتُصْدِر حاليًّا «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» ـ بالتعاون مع «تومسون رويترز» ـ تقريرين دوريين، بالإضافة إلى لوحة إلكترونية تفاعلية (dashboard). أَحَدُ هذين التقريرين لِرَصْد مخرجات النشاط العلمي للجامعات ومراكز البحث العلمي «تقرير مؤشِّرات البحث العلمي»، والآخَر (مكوَّن من 13 تقريرًا منفصلًا) حول نشاط البحث والتطوير بالمملكة، وتقدُّم العلم في مجال التقنيات الاستراتيجية ذات الأولوية بالنسبة للمملكة، بالإضافة إلى الاستفادة من قواعد المعلومات، وبعض المنتجات المتخصصة في مجال العلوم والتقنية . ذلك بالإضافة لـ «برنامج مراكز التميز المشتركة» JCEP بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، والذي يضمّ 21 مركزًا، بالتعاون مع شركاء البحث العلمي والصناعة من ذوي الشهرة العالمية. ومهمة هذا البرنامج هي دعم وتنظيم عمل مراكز التميز؛ لتتمكن من تحقيق الأهداف الاستراتيجية لـ«مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية».

لقد شَهِدَ التعاون الدولي زيادةً واضحة في المملكة العربية السعودية على مدى السنوات الماضية، مقارنةً بحجم التعاون المَحَلّيّ. ويقول السويلم: «أعتقد أننا سنشهد في المرحلة التالية من خطة «معرفة» ازدياد وتيرة التعاون المَحَلّيّ، بفضل البِنْيَة التحتية المتطورة، والمنشآت والمختبَرات الفريدة من نوعها».



التوعية العلمية، والتَّواصُل العلمي

لا غِنى عن نَشْر المعرفة العلمية للجمهور؛ من أجل الوصول إلى مجتمع يقدِّر العلوم، وكذلك من أجل إثارة اهتمام الشباب بالعلوم. وقد دشَّنت «مدينةُ الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» وشركاؤها العديد من المبادرات، الرامية إلى توعية المجتمع وإفادته، من بينها: «عشرون طالبًا في عشرين مدرسة»، و«علماء المستقبل»، ودوريّة «*Nature* الطبعة العربية»، ومجلة «العلوم والتقنية للفتيان» (ترجمة لمجلة «العلوم والحياة» الفرنسية *Science et Vie*)، بالإضافة إلى مجلة «العلوم والتقنية».

ربما يَجِد العلماءُ صعوبةً في توعية الجمهور بأهمية العلوم، مثلما تعاني المملكة العربية السعودية من ندرة الصحفيين العلميين. يقول عمر الشنقيطي ـ من «مركز الملك عبد الله العالمي للأبحاث الطبية» ـ في هذا الصدد: «نحن بحاجة إلى أشخاص ليسوا بعلماء، لكنهم يفهمون العلوم، ويعرفون كيف يعدُّون تقريرًا، ويكتبون عمودًا صحافيًّا، أو مقالًا عن العلوم، بحيث ينقلون من خلاله أهمية العلوم إلى الجمهور»، حيث إنه عند توعية عامة الجمهور بالعلوم، ينبغي على المؤسسات أن تختار بحثًا مثيرًا، وأن تربط بينه وبين الحياة اليومية للناس. يقول ستيفن إينشكوم، الرئيس التنفيذي لمجموعة نيتشر للنشر: «هذه الطريقة ستكون هي الأفضل، لإشراك الجمهور، وإثارة اهتمامه، لأنها تَعْرِض منافع البحث العلمي أولًا». كما أن البحوث التي تتواصل مع المجتمع ـ وهي تلك البحوث التي تتجاوز نطاق جدران المختبَرات ـ يمكنها إثارة اهتمام المجتمع بالبحث العلمي والعلوم.

> ❯❯ ستُصْدِر مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية تقريرًا موجَّهًا إلى قيادات المجتمع؛ من أجل إحاطتهم علمًا بما تم تنفيذه، وما يجري تنفيذه، وبأنواع البحوث التي يجري القيام بها، وأنواع البحوث التي يتم تمويلها، والنواتج الرئيسة التي تتمخض عنها الأنشطة البحثية ❮❮
>
> عبد العزيز السويلم

ستعمل «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» ـ بصفتها جهة التمويل العلمي الرئيسة في المملكة العربية السعودية ـ على مشاركة نتائج البحوث العلمية المنفَّذَة مع المجتمع. وفي هذا الصدد.. يقول السويلم: «ستُصْدِر ›مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية‹ تقريرًا موجَّهًا إلى قيادات المجتمع؛ من أجل إحاطتهم علمًا بما تم تنفيذه، وما يجري تنفيذه، وبأنواع البحوث التي يجري القيام بها، وأنواع البحوث التي يتم تمويلها، والنواتج الرئيسة التي تتمخض عنها الأنشطة البحثية».

وإضافة إلى الترجمات التي نشرتها «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» في المملكة العربية السعودية، قد تتولى جهات أخرى في المملكة العمل على إطلاق دوريات علمية، أو مجلات علمية مُبَسَّطَة؛ لِتُوَطِّد بذلك جذور الصحافة العلمية كمهنة في المنطقة، وتيسِّر حصول وسائل الإعلام على المعلومات عن طريق البيانات الصحفية، التي تسهِّل من عملية نقل وسائل الإعلام للعلوم إلى أكبر عدد ممكن من الجمهور.

التوظيف

هناك مؤسسات بحثية سعودية تواجه متاعب في استقطاب المواهب المحلية والأجنبية، وفي الحفاظ عليها أيضًا. ومن أجل التخطيط للمرحلة التالية من «الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار»، أَجْرَت «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» استقصاءً، أسفرت نتيجته عن أن هناك حاجة إلى باحثين في مرحلة ما بعد الدكتوراة، وكذلك إلى تدريب الكوادر البشرية السعودية، وإلى تطوير منهجَي الرياضيات والعلوم الدراسيَّين، وإنشاء برامج تدريب للطلاب في المرحلة الجامعية. وقد أظهرت النتائج عجزًا في الفنيين المؤهَّلين الذين يعملون في المختبَرات. كما أظهر الاستقصاء أيضًا أن حوالي 54% مِمَّن شملهم الاستقصاء يرون أن المؤسسات البحثية لا تستقطب المتقدِّمِين المناسبين، بينما يرى 33% منهم أن هذه المؤسسات لا تملك الموارد الكافية للتوظيف، ويعتقد 33% آخرون أن عدد المتقدمين للوظائف أقل مما ينبغي.

إنّ التحدّي الرئيس الذي تواجهه المنطقة هو أن عملية التوظيف مُفَتَّتة؛ إذ بدلًا من وجود مكتب توظيف واحد في المؤسسات البحثية، نجد أن كل قسم لديه استراتيجيته الخاصة به للتوظيف. ولذلك.. فإنّ إنشاء مكتب مركزي للتوظيف سوف يسمح للكليات والأقسام التي بداخلها باستخدام اسم المؤسسة البحثية التي تنتمي إليها استخدامًا فعالًا، وباستقطاب خيرة المواهب. وثمة طريقة أخرى للترويج للأماكن الشاغرة في التخصصات العلمية في المملكة على الصعيدين الوطني والدولي، تتمثل في إقامة معرض مهني إقليمي، أو أحد منتديات «وظائف نيتشر NatureJobs» للتوظيف في المملكة العربية السعودية، حيث يُمَكِّن المعرضُ أو المنتدَى المؤسسات مِن اختيار احتياجاتها من طلبات التوظيف المناسِبَة.

وإدراكًا من «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» لهذا التحدي، فإنها تعمل ـ من جانب آخر ـ على تدريب المزيد من السعوديين؛ لكي يكونوا فنِّيِّي مختبرات مؤهلين بحلول نهاية المرحلة الثانية من «الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار»، بغرض ملء الوظائف الشاغرة، وخصوصًا في ظل التوسع السريع في البحث العلمي في المملكة العربية السعودية.



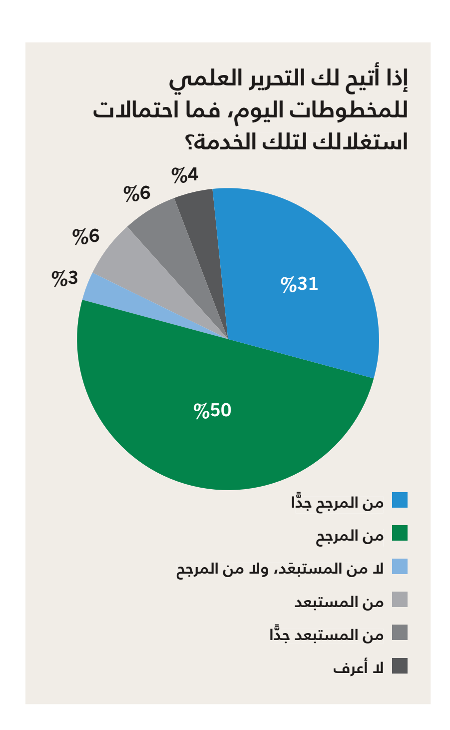
دعم النشر العلمي

ذكرت الغالبية العظمى من الباحثين الذين شاركوا في الاستقصاء أن معرفة المزيد عن عمليات النشر وأفضل الممارسات في النشر في الدوريات العلمية عالية التأثير ستكون مفيدة جدًّا لهم. ويقول السويلم: «إن استراتيجية ‹مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية› لا تتمثل في استعراض ومراجعة المشروعات البحثية فحسب، بل تمتد أيضًا إلى ضمان أنْ تكون جودة البحث العلمي في المملكة العربية السعودية في ازدياد مستمر». ويضيف بقوله: «إنّ زيادة جودة البحث العلمي في المملكة العربية السعودية تشمل الكيفية التي نكتب بها المقترحات البحثية، والكيفية التي نطوِّر بها أفكارنا، والطريقة التي يمكننا بها ترجمة تلك الأفكار، بحيث تكون مُجْدِيَة تجاريًّا، وكذلك الطريقة التي يمكننا أن نصل بها إلى نشر أعمالنا في دوريات عالية التأثير».

ومن أجل دعم خطط المملكة العربية السعودية الطموحة، قَدَّمَتْ مجموعة نيتشر للنشر ورشات Nature Masterclasses للعديد من المؤسسات البحثية، بغرض مساعدة باحثيها على الوصول إلى نشر أعمالهم البحثية في دوريات عالية التأثير، حيث جمعت ورشات العمل هذه بين محرِّري «*Nature*» الحاليين والسابقين بجانب مدربين محترفين، لتقديم حلقات عمل للباحثين، تتبع نهجًا عمليًّا باستخدام مسودات المخطوطات البحثية كمادة عامة، ثم تعريف المشاركين بكيفية سيرها أثناء العملية التحريرية.

وإضافةً إلى ذلك.. يقوم محرِّرو «*Nature*» بتقديم إرشاد شخصي للباحثين الذين ينتمون إلى هذه المؤسسات البحثية، حول ما يبحث المحررون عنه في الأوراق العلمية التي تُنشَر في دوريات عالية التأثير. وهذا لا يقتصر على الدوريات التابعة لـ«*Nature*» فقط، بل يمتد أيضًا إلى الدوريات عالية التأثير في المجالات المختلفة. ويوضح إينشكوم أن الهدف الأساسي من ذلك هو نقل المعرفة، مضيفًا بقوله: «إننا نحاول مساعدة الناس على المُضِيّ قُدُمًا، دون الاعتماد على الدعم طويل المدى، ونستخدم ورشات العمل؛ من أجل الانتقال إلى المستوى التالي».

> **«إنّ زيادة جودة البحث العلمي في المملكة العربية السعودية تشمل الكيفية التي نكتب بها المقترحات البحثية، والكيفية التي نطوِّر بها أفكارنا، والطريقة التي يمكننا بها ترجمة تلك الأفكار، بحيث تكون مُجْدِيَة تجاريًّا، وكذلك الطريقة التي يمكننا أن نصل بها إلى نشر أعمالنا في دوريات عالية التأثير»**
>
> عبد العزيز السويلم



التمويل

إنّ توافر التمويل الكافي معناه قدرة الباحثين على استخدام أحدث وسائل التقنية، والوصول إلى أحدث الأدوات والتجهيزات، وتجهيز المنشآت والمرافق القائمة لاستيعاب المبادرات البحثية، وتحقيق أفضل النتائج في الوقت المناسب. وقد ظلت «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» تموِّل المقترحات البحثية والمشروعات البحثية منذ إنشائها. وهذا التمويل يصل إلى المؤسسات الحكومية، فضلًا عن المراكز البحثية والمؤسسات الأكاديمية. وتقسِّم المدينة المقترحات البحثية، حسب أهميتها إلى ثلاث فئات، هي: البحوث المدفوعة بحب الاستطلاع، والبحوث الأساسية، والبحوث المدفوعة بالأهداف.

تحتوي نسبة 5-6% تقريبًا من إجمالي المقترحات البحثية المقدَّمة على أخطاء في طريقة كتابتها، وليس في المفاهيم أو المناهج المستخدَمة، على حد قول السويلم. وتُرفَض مثل هذه المقترحات، لأنها مكتوبة بطريقة سيئة من ناحية المنظور العلمي. ومن ثم، فإننا نشجع الباحثين على أن يستخدموا الدعم التحريري، مثل خدمات كتابة طلبات المنح، والحصول على تدريب على كيفية إعداد المقترحات البحثية التي يمكنها الحصول على تمويل مناسب.

يُعَدّ توفير هذا الدعم في إطار البِنْيَة التحتية البحثية في المملكة أمرًا مهمًّا؛ لأنه يسدّ الفجوة بين الباحثين الذين يمتلكون الكثير من الأفكار الجيدة، وبين قدرتهم على صياغة هذه الأفكار كتابيًّا. وينبغي تطوير الدعم التحريري، حتى يصير مهنة في المملكة، على أنْ يُدْعَم هذا التوجه أيضًا على مستوى طلبة الكليات، والدراسات العليا.

إن الدعم المقدَّم لكيفية كتابة طلبات المنح يزيد احتمال حصول الباحث على مِنْحَة من «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية»، أو من جهة أخرى لتمويل البحوث. تموِّل المدينةُ المؤسسات البحثية، استنادًا إلى المقترحات البحثية المقدَّمة من الباحثين، من خلال وحدات العلوم والتقنية، أو من خلال برامج أخرى. ويحتاج الباحثون والعلماء ـ بوجه عام ـ إلى الحصول على موافقة رئيس قسم البحوث في المؤسسة التي يتبعونها، قبل تقديم المقترحات البحثية.



الوصول إلى أرشيف *Nature*

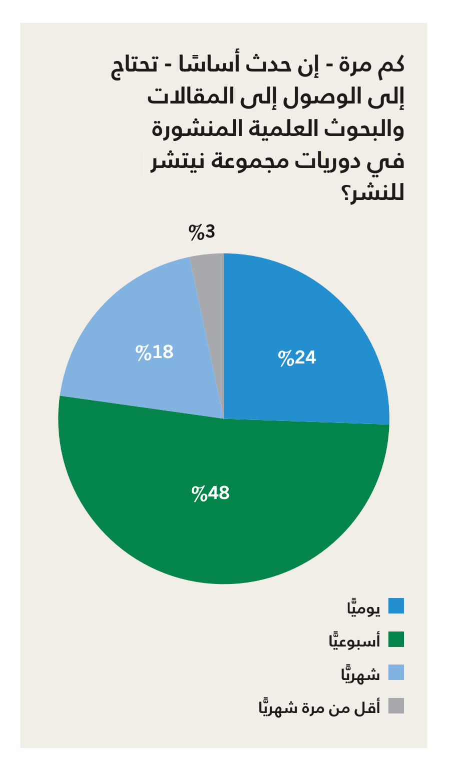
وفقًا للبيانات الداخلية، المقرونة بالمعلومات المأخوذة من فهرس Nature Index، نجد أن 99 مؤسسة من بين المئة مؤسسة الأولى صاحبة أعلى إنتاج علمي لديها إمكانية وصول إلى أرشيف «*Nature*» الكامل. ويرى 70% من الباحثين المستطلَعة آراؤهم تقريبًا أنّ هناك احتمالًا كبيرًا أنْ يستخدموا دوريّات مجموعة نيتشر للنشر، وكل الإصدارات السابقة، إذا كانت مؤسساتهم تتمتع بوصول غير مقيّد إلى هذا المحتوى على الإنترنت.

وتَجِد في العالم العربي أن «جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية»، و«جامعة الكويت» هما الجامعتان الوحيدتان اللتان تتمتعان بإمكانية الوصول إلى الأرشيف كاملًا. أما في المملكة العربية السعودية، باستثناء «جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية»، فلم تكن هناك أي جامعة تتمتع بإمكانية الوصول إلى البحوث المنشورة في دوريّات مجموعة نيتشر للنشر قبل عام 2008. وقد ضاعت على كثير من الباحثين فرصة الاطلاع على إنتاج البحث العلمي طوال 20 إلى 25 سنة مضت، بالإضافة إلى المحتوى السابق الذي يمكن الاستشهاد به في بحوثهم. وفي

«99 مؤسسة من بين المئة مؤسسة الأولى صاحبة أعلى إنتاج علمي لديها إمكانية وصول إلى أرشيف «*Nature*» الكامل»

ظل اطّلاع حوالي نصف الباحثين الذين شملهم الاستطلاع على دوريات مجموعة نيتشر للنشر بشكل أسبوعي؛ فهناك حاجة واضحة إلى زيادة إمكانية الوصول الحالية. وقد أجاب حوالي 81% من المشمولين بالاستقصاء بأنّ التمتع بإمكانية الوصول إلى كافة دوريات «*Nature*» البحثية له أهمية كبيرة في وظائفهم.

كم مرة - إن حدث أساسًا - تحتاج إلى الوصول إلى المقالات والبحوث العلمية المنشورة في دوريات مجموعة نيتشر للنشر؟



خاتمة

تَمَكّنَ الباحثون في ورشة العمل هذه من التعبير عن آرائهم، وإبداء ردود أفعالهم تجاه نتائج الاستقصاء. وقد تبادَل الباحثون الذين ينتمون إلى مؤسسات بحثية رائدة في المملكة خبراتهم مع زملائهم، وناقشوا الحلول الممكنة لمشكلاتهم المشتركة. وبعد التعرف على التحدّيات، وحلولها المحتمَلة، ستصدر «مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية» في الفترة الحالية ـ بالتنسيق مع كل الجهات المعنية ـ توجيهات لتلبية حاجات مؤسسات التعليم العالي والمجتمعات البحثية في المملكة العربية السعودية، بغرض تمهيد الطريق إلى الخطوة التالية، وهي تحويل اقتصاد المملكة إلى اقتصاد قائم على المعرفة.

هَمٌّ ثقيل

روابط مُلْزِمَة

أناتولي بيليلوفسكي

تتراقص الأحرف داكنة اللون في وهج الشمعة الكهرماني، بينما تفرك فيرا صدغيها؛ لتدفع عنها الصداع النصفي الذي يهددها بالهجوم من ناحية الحواف الواجفة لعينيها. أغمضت فيرا عينيها للحظة، ثم فتحتهما مجددًا.

كان الخطأ واضحًا؛ ففي مخيِّلتها رأت المعالِج الدقيق يقوم بتنفيذ التعليمات، فيخزِّن البيانات مكان ذاكرة البرنامج، ويصنع حلقة شاذة. لحظة أخرى من التأمل دفعتها إلى التفكير في طريقة بديلة. فَتَّشَتْ فيرا في مجموعة التعليمات في ذاكرتها مجددًا؛ فرأت العمليات تتحرك على هيئة صفوف منمقة ومستقيمة، ولم يساورها شك في أن المُصَحِّح سيؤتي ثماره. لاحت على وجهها ابتسامة، وشرعت في كتابة التالي:

«ابن عمي العزيز جريشا،

أشكرك شكرًا جزيلًا على الدواء الذي أرسلته إلى جدتي ليزا، عَبْر طاقم شركة «إيروفلوت»، فقد استحق الأمر الرشاوى التي أعطيتها إياهم. قَلَّ تورُّم كاحليها كثيرًا، ولم تعد تفقد وعيها كل خمس دقائق مثلما كان يحدث مع الدواء القديم».

هنا، سمعَتْ فيرا صوت إوزة في قفص الطيور المجاور للمستنقع المتجمد، فَسَعَتْ إلى بندقيتها، لكنها لم تسمع طائرًا آخر يجيب الإوزة؛ فتنفَّست الصعداء، والتفتت نحو سرير ابنتها. تململت أنيشكا الصغيرة في نومها، وبسطت ذراعيها. زَمَّت شفتيها اللتين لم تكادا تظهران في الظلام للحظة، ثم أَرْخَتْهما. هزَّت فيرا السرير برِقَّة، ثم عادت لمواصلة الكتابة.

«كما تعرف، أنجبَتْ أختي فالينتينا ابنتها بعد أن أنجبْتُ ابنتي مباشرة، وفقدَتْ كمية كبيرة من الدم أثناء الولادة، وهي بحاجة إلى اتباع نظام غذائي خاص؛ كي تستعيد عافيتها. إن اللحم باهظ الثمن، لكن كبد الإوز ما زال متاحًا، وكذلك كلاويه (للثعالب وحيوان القاقم الأوروبي في أغلب الأوقات)، وبالطبع انتشر عيش الغراب في الشتاء، وبالتالي فنحن لا نتضور جوعًا. هل تذكر كيف كنا نخرج لحَصْد عيش الغراب في طفولتنا؟ كان فطر الشانتريل، والفطر اللزج ذو القبعة ينمو تحت كل أشجار البلوط، وكنا نرجع مثقلين بحملهما بعد ساعة، أو ساعتين، ولو أن الغابة التي نتذكرها من طفولتنا أمست محظورة علينا، بعد أن علمنا حقيقة ما حدث في مدينة كيشتيم. ولذا.. يتعين علينا أن نستقل قطار الضواحي في رحلة مدتها ساعتان في الاتجاه المعاكس، حتى نترك هذا المكان الموحش، ونذهب إلى منبع النهر.

وقد لاحظت أن ابنة فالينتينا الرضيعة عصبية جدًّا، أمّا أنيشكا، فأحمد الله كل يوم على أنها تنمو نموًّا سليمًا، وتحظى الآن بقسط كاف من النوم يمتد إلى منتصف الليل».

بدأَتْ أصابع فيرا في التجمد، ففركَتْ يديها التماسًا للدفء، ومالت لترى ما إذا كان لحاف أنيا ما زال يغطيها، أم لا، فلما اقتربَت منها؛ أحسَّت بأنفاسها تبعث الدفء على وجنتيها، وتداعب جفنيها. أغمضت عينيها للحظة، ثم عادت إلى الكتابة.

«يسعدني جدًّا أن أمد يد العون إليك في أعمالك البرمجية، وقد اطلعتُ على دليل لغة الآلات الذي أعطيتني إياه، ورأيتُ الصور المطبوعة لتفريغ الذاكرة وصور الشاشة، وأعتقد أنني لديَّ طريقة لحل هذه المشكلة. إذا سنحت لكَ الفرصة مجددًا، فسأكون ممتنَّة إنْ استطعت توفير بعض الفيتامينات والحديد لفالينتينا، وإذا كان لدى الأطباء الأمريكان عِلْم بأيّ بديل أفضل من حليب المغنيسيوم لعلاج قرحات العم فانيا، أتمنى أن ترسل كمية منه أيضًا. إليك خدمة صغيرة أسديها إليك: هي المصحح الذي تحتاج إلى إدراجه في ملف البرنامج، بدايةً من الموضع 43217».

أغمضَتْ فيرا عينيها مرة أخرى، فرأت في مخيِّلتها بوضوح شديد صفوف رموز متحركة، وأعمدة لها، وكأنها مرسومة على جدران الغرفة وسقفها. ورأت شجرة تنفيذ البرنامج في مخيلتها بجلاء يضاهي جلاء المنظر خارج نافذة بيتها الخشبي، وشوارع قريتها (التي كانت موحلة حتى فترات الجليد الأخيرة، ولكن أمست الآن صالحة للمسير)، ووجه أنيا الملائكي.

أخذَتْ نَفَسًا عميقًا، ثم زفرته، وفتحَتْ عينيها؛ فارتعش ضوء الشمعة المواجهة لها؛ حتى كادت الشمعة تنطفئ بفعل زفيرها. مدَّتْ يدها إلى أعواد الثقاب، لكن سرعان ما عادت الشعلة إلى ثباتها، ولمعت بما يكفي لأنْ تراها فيرا تُطلِق سحابة من الدخان السخامي الحارق. غَمَسَتْ ريشة الكتابة في المحبرة المجاورة للشمعة، ولمست بها حافة المحبرة؛ لتصفِّي الريشة من الحبر الزائد، ومالت نحو الورقة مجددًا. انطلقت الستة عشر رمزًا للكود من عقلها نحو القلم، ومنه إلى ورق دفترها المسطور، تتراقص مع الضوء الكهرماني المرتعش. وفور ملء كل صفحة، طَوَتْها بعناية، ووضعتها في المظروف الذي يحمل عنوانًا لشارع سُمِّيَ تَيَمُّنًا بشجيرة ما في مدينة لم تستطع نطق اسمها، في دولة فاحشة الثراء بشكل لا يتخيله عقل، لدرجة أن أي عائلة متواضعة مكوَّنة من مهندس ومُعَلِّم مدرسة تستطيع أن تملك سيارة، وبيتًا، وحاسوبًا شخصيًّا.

حين انتهت، كان القمر قد اقترب من الأفق، مضيفًا إلى ضوء الشمعة الكهرمانيّ مسحة فضية تخللت عبر النافذة. تركَتْ فيرا سطرين، ثم كتبَتْ بأحرف متصلة ومنمقة:

«تفضل بقبول خالص أمنياتي لك في عيد ميلادك بأن تنعم بالسعادة والنجاح المستمر في عملك، وأن يتفوق أبناؤك في دراستهم الابتدائية، وتتعلم زوجتك اللغة الروسية؛ كي تفهمك بشكل أفضل. لا أريد أن أودِّعك الآن، لكنْ اقترب موعد استيقاظ أنيشكا، ويجب أن أجلب الماء من البئر، وأحتطِب لمدفأتنا، ولكنْ رجاءً، لا تَنْسَ أنني سأظل دائمًا وأبدًا

ابنة عمك المُحِبَّة، فيرا».

لعقَتْ لسان المظروف، وأغلقَتْه بإحكام، ثم أعدَّت الطوابع اللازمة، ولعقتها هي الأخرى، قبل أن تلصقها على المظروف، وتضعه في جيبها. تفقدت أنفاس أنيشكا مرة أخيرة، ثم ارتدت معطفها، وحملت دلو المياه، استعدادًا للخروج. ■

أناتولي بيليلوفسكي وُلِدَ في أوكرانيا، وتعلَّم الإنجليزية من الحلقات المُعادة لمسلسل «ستار تريك» *Star Trek*. وشق طريقه في واحدة من الكليات الأمريكية، إذ درَّس اللغة الروسية، في الوقت الذي تخصَّص فيه في الكيمياء، وعمل خلال الخمس وعشرين سنة السابقة طبيبًا للأطفال في نيويورك في عيادة تُعتبر اللغة الإنجليزية فيها هي اللغة الرابعة الأكثر شيوعًا.

ILLUSTRATION BY JACEY

NATURE.COM
تابع المستقبليات:
@NatureFutures
go.nature.com/mtoodm

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

استثمار البحث في الصناعة



www.kacst.edu.sa